corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 7 - 14 gennaio 1961 - un fascicolo lire 150 15° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano.
In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.
Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

LA VALVOLA TERMOIONICA : DIODI e loro IMPIEGO

Siamo pervenuti finalmente allo studio della valvola termoionica. Ciò significa che, dopo un approfondito esame del suo funzionamento, saremo in grado di interessarci con cognizione di causa di quasi tutte le apparecchiature elettroniche; ben poche di esse infatti prescindono dal suo impiego.

Quanto abbiamo testè detto, vale anche per gli apparecchi a transistori, dato che questi ultimi sostituiscono molte volte le valvole, assolvendone però i medesimi compiti, vale a dire con analogia di circuiti.

Logicamente, potremo dire che lo studio della valvola è base fondamentale anche per la corretta interpretazione del funzionamento, nonchè per la applicazione pratica dei transistori. La valvola è pertanto uno dei componenti basilari degli apparecchi elettronici. Si può con sicurezza affermare che tutto l'enorme progresso compiuto da questa nostra tecnica, in un numero relativamente breve di anni, è dovuto all'invenzione, alla applicazione ed al successivo perfezionamento della valvola termoionica.

Questo importantissimo componente delle apparecchiature elettroniche, così come è attualmente realizzato in numerose versioni, è frutto delle ricerche, delle scoperte. e delle invenzioni di molti tecnici e scienziati. In realtà, per analizzarne gli sviluppi progressivi sin dalle origini — ossia dalle scoperte che diedero adito agli attuali perfezionamenti — sarebbe necessaria una lunga dissertazione che esulerebbe dal compito che ci siamo prefissi. Tuttavia, da un punto di vista pratico, si può affermare che la radiotecnica moderna ha avuto origine verso la fine del secolo scorso, quando cioè, nel 1883, Thomas A. Edison compì per la prima volta alcuni esperimenti con le lampade a filamento incandescente.

SVILUPPO della VALVOLA TERMOIONICA

La lampada a filamento incandescente di Edison può essere considerata, in un certo senso, come « capostipite » o « prototipo » della valvola elettronica moderna. Edison si accorse che sulla parte interna del bulbo di questo tipo di lampada si manifestava, col tempo, la presenza di un deposito scuro. Nelle ricerche effettuate per spiegare il fenomeno, egli inserì un secondo conduttore facente capo ad una placchetta, all'interno della lampada, realizzando così il diodo nella sua struttura fondamentale, e notò che — collegando il relativo terminale al polo positivo della batteria di accensione del filamento stesso — tramite un amperometro — quest'ultimo denotava un passaggio di corrente (vedi **figura 1**) attraverso lo spazio presente tra detto filamento e la placchetta. In condizioni normali, questo dispositivo costituiva un circuito aperto a causa della mancanza di contatto diretto tra i due organi contenuti nel bulbo. Di conseguenza, il passaggio di corrente che aveva luogo, in conformità alle cognizioni a quel tempo in vigore relative ai circuiti elettrici, era considerato una cosa assurda, proprio a causa del fatto che il circuito era aperto. Edison non riuscì a trovare una spiegazione soddisfacente per questo fenomeno che fu tuttavia reso noto col nome di « effetto Edison ».

Più tardi, nel 1899, una spiegazione venne fornita dallo scienziato inglese, Sir J. Thomson. Egli, infatti, introdusse una teoria secondo la quale, particelle negative di elettricità, chiamate elettroni, venivano emesse dal filamento delle lampade di Edison, allorchè il filamento stesso era posto in funzione diventando incandescente. Oltre a ciò, egli trovò che questi elettroni, a causa della loro carica negativa, venivano attratti dalla piastrina polarizzata con una carica positiva. Di conseguenza, finchè il filamento era mantenuto ad una certa temperatura, si aveva un passaggio di elettroni da quest'ultimo alla placca. Tale movimento di elettroni determinava una vera e propria corrente elettrica che costituiva pertanto un « ponte di comunicazione » tra i due elettrodi. Essa infatti univa, attraverso il vuoto, il filamento alla placca, chiudendo il circuito.

La scoperta di Thomson fu resa nota col nome di **teoria elettronica.** Come abbiamo visto nella lezione 4ª, secondo questa teoria, l'atomo di qualsiasi sostanza viene considerato come composto di particelle infinitamente piccole, ossia di cariche singole costituite da particelle negative o elettroni i quali vengono trattenuti in orbite intorno ad un nucleo centrale formato invece da particelle positive dette protoni. Ciò a causa di una data forza di attrazione. In determinate condizioni, come ad esempio con l'applicazione di una certa temperatura, alcuni elettroni contenuti in determinati elementi possono essere liberati. Quest'ultima teoria — di estrema importanza — diede adito a successive ricerche e consentì notevoli sviluppi nella realizzazione delle valvole elettroniche.

Avvantaggiandosi delle cognizioni fino allora acquisite, altri scienziati compirono ulteriori ricerche. Tra i passi successivi, uno dei più importanti venne compiuto dallo scienziato inglese J. A. Fleming, il quale progettò e tradusse in pratica la prima vera e propria *valvola elettrõnica*. Fleming notò che, nella lampada realizzata da Edison, allorchè la placchetta veniva connessa al polo nega-

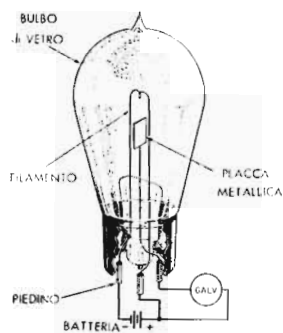



Fig. 1 — Il passaggio di corrente tra il filamento incandescente ed una placca metallica, fu il fenomeno rilevato da Edison.

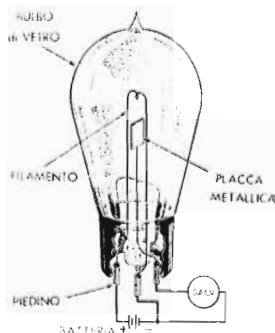



Fig. 2 — Fleming notò che, collegando la placca metallica al polo negativo della batteria d'accensione, il passaggio di corrente cessava.

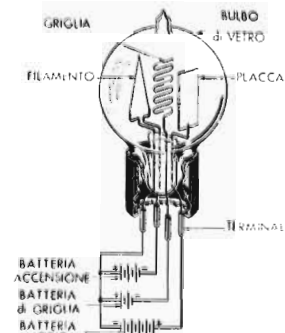



Fig. 3 — Con l'inserzione di un terzo elemento, detto « griglia », collocato sul percorso degli elettroni, L. De Forest pervenne al triodo.

tivo della batteria invece che al polo positivo, come illustrato nella **figura 2**, la corrente assumeva il valore zero, ossia cessava di scorrere. Questa caratteristica costituì la base della scoperta del funzionamento di questo dispositivo come elemento rettificatore. Infatti ciò consentiva di usarlo per convertire una corrente alternata in corrente continua. Fleming chiamò la sua versione modificata della lampada a due elettrodi di Edison col nome di « valvola » (questo termine infatti è tuttora di uso comune in Inghilterra come in Italia).

Incidentalmente osserveremo che, purtroppo, molte volte è dato di trovare in suo luogo impiegato il bruttissimo termine di « tubo » ciò che, tra l'altro, può condurre anche ad equivoco dato che — in elettronica — con « tubo » è più propriamente inteso un altro organo che studieremo a suo tempo.

In tal modo Fleming realizzò un dispositivo rivelatore avente prestazioni migliori di quello, assai meno sensibile, basato sull'impiego di un cristallo, in quel tempo adottato nel radioricevitore tipico di Guglielmo Marconi.

Il rivelatore a cristallo veniva anch'esso sviluppato parallelamente: infatti, seguendo gli esperimenti compiuti da numerosi predecessori, Marconi realizzò nel 1901 la storica trasmissione del segnale corrispondente alla lettera *S* dell'alfabeto Morse (3 punti) attraversando l'Oceano Atlantico.

Con l'avvento della valvola di Fleming si riunirono le due linee principali di ricerche dalle quali trasse origine l'attuale sviluppo della radiotecnica.

La valvola di Fleming aveva complessivamente due elettrodi, ossia un **filamento** che aveva il compito di emettere gli elettroni allorchè veniva portato all'incandescenza, ed una **placca** facente capo ad un terminale esterno, la quale attirava detti elettroni allorchè era polarizzata con un potenziale positivo. Per diversi anni essa fu l'unico dispositivo elettronico impiegato. A questo punto sembrò che il progresso delle comunicazioni mediante telegrafia senza fili avesse raggiunto un limite non superabile, determinato dai metodi a quel tempo esistenti e dai dispositivi adottati per trasmettere e per ricevere segnali radio.

I trasmettitori più potenti, fino ad allora realizzati, consentivano di trasmettere segnali che venivano ricevuti da apparecchi installati alla distanza di diverse centinaia di migliaia di chilometri. Tuttavia, la ricezione era ancora incerta. La portata delle comunicazioni radio poteva essere aumentata soltanto in seguito alla applicazione di un metodo che consentisse di amplificare i segnali eccessivamente deboli.

Il tipo di valvola termoionica creato da Lee De Forest nel 1907 permise di realizzare un dispositivo di amplificazione. Più tardi ancora, gli ulteriori miglioramenti apportati a questo tipo di valvola resero possibile la ricezione di segnali radio milioni di volte più deboli, troppo deboli in effetti per essere resi udibili senza alcuna amplificazione.

De Forest, inserendo un terzo elettrodo avente una forma a spirale, nello spazio presente tra il filamento e la placca della valvola di Fleming, creò la valvola amplificatrice (vedi **figura 3**). Egli chiamò questo terzo elettrodo col nome di **griglia di controllo.**

Essa consentiva l'azione di amplificazione, in virtù del fatto che una corrente di placca relativamente elevata e variazioni della tensione di placca potevano essere entrambe controllate mediante piccole variazioni della tensione di polarizzazione di detta griglia, senza per altro che fosse necessaria la dissipazione di una potenza apprezzabile nel circuito di controllo.

De Forest, chiamò la sua valvola a tre elettrodi col nome di *audion*; questo nome però fu in seguito sostituito da quello attualmente in uso, e precisamente dal nome **triodo** (tre elettrodi), che rappresenta — è evidente — un passo avanti nei confronti della valvola a due elettrodi, il cui nome è invece **diodo.**

La valvola consiste dunque in un'ampola di vetro nella quale è stato praticato il vuoto, e nella quale sono racchiusi i vari elementi che la compongono. Quando a detti elementi, come abbiamo visto, vengono applicate determinate tensioni, si verifica tra loro un passaggio di corrente che viene utilizzato per il funzionamento dell'apparecchio. Grazie alla facilità con cui è possibile controllarne la corrente, le valvole possono compiere le seguenti funzioni:

Amplificare i segnali a radiofrequenza; mescolare segnali di frequenza diversa; rettificare una c.a. trasformandola in c.c. pulsante, e perciò rivelare; amplificare i segnali ad audiofrequenza; generare segnali di qualsiasi frequenza.

PRINCIPIO della EMISSIONE ELETTRONICA

Sappiamo già che le sostanze metalliche possono con-

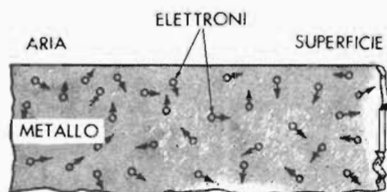



Fig. 4 A — Gli elettroni, pur essendo dotati di proprio movimento, non possono allontanarsi dalla superficie metallica cui appartengono, perchè la loro velocità di rotazione non vince l'attrazione del nucleo.

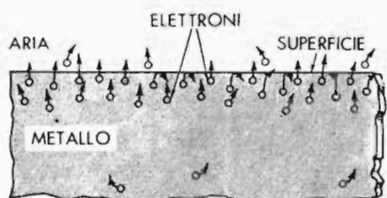



Fig. 4 B — Se viene aumentata la temperatura di un metallo, ad un certo momento gli elettroni raggiungono una velocità tale per cui — per forza centrifuga — possono staccarsi dal nucleo ed abbandonare così il metallo: si ha l'« emissione termoionica ».

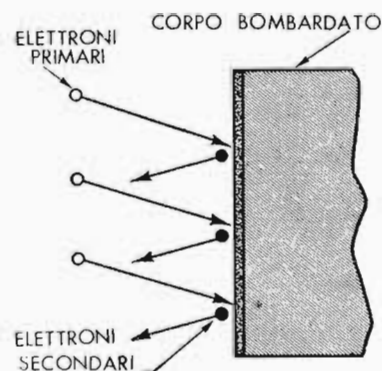



Fig. 5 — Esempio di emissione « secondaria » in seguito a bombardamento elettronico.

durre l'elettricità in quanto alcuni degli elettroni contenuti nel materiale non sono rigidamente attaccati agli atomi di cui fanno parte, bensì possono muoversi attraverso il conduttore stesso, sotto forma di « elettroni liberi » costituendo così un passaggio di corrente, non appena il conduttore viene sottoposto ad una differenza di potenziale.

Gli elettroni hanno inoltre un loro movimento vibratorio, la cui velocità aumenta con l'aumentare della temperatura del conduttore: se detta temperatura è normale essi non possono allontanarsi dalla superficie metallica alla quale appartengono, in quanto la velocità di rotazione non è tale da vincere, per forza centrifuga, la forza di attrazione esercitata su di essi dal nucleo di ogni singolo atomo; tuttavia, appena viene raggiunta una certa temperatura, essi raggiungono una velocità tale da permettere loro di allontanarsi dal metallo di cui fanno parte (vedi **figura 4**).

L'energia necessaria per provocare tale fenomeno viene normalmente fornita sotto forma di calore: la quantità necessaria per liberare gli elettroni costituisce la « funzione di lavoro » della sostanza.

L'emissione di elettroni da parte di una sostanza portata ad una certa temperatura prende il nome di **emissione termoionica.** Il corpo dal quale detti elettroni si dipartono viene denominato *emettitore* o **catodo**. A ciò bisogna aggiungere che la quantità di elettroni liberati dalla superficie del catodo aumenta con l'aumentare della temperatura, e col diminuire della pressione atmosferica intorno al catodo stesso, per cui, se quest'ultimo viene riscaldato in un involucro ermeticamente chiuso nel quale sia stato fatto il vuoto precedentemente, diventa una sorgente di elettroni.

L'emissione termoionica viene inoltre denominata a volte « emissione primaria », allo scopo di distinguerla da un altro tipo detto « emissione secondaria ». La prima avviene per emissione diretta da parte di un catodo riscaldato nel vuoto, mentre la seconda avviene da parte di una superficie a sua volta bombardata da elettroni provenienti da una emissione primaria (vedi **figura 5**). Quando, ad esempio, una corrente elettronica colpisce ad alta velocità una superficie metallica, essa cede agli elettroni che vi si trovano una quantità di energia sufficiente affinchè gli stessi si liberino dalla barriera potenziale, e, sebbene nella figura si veda che un solo elettrone viene liberato per ogni elettrone primario incidente, in realtà il numero può essere molto maggiore, a seconda del materiale: questo è il sistema basilare per la produzione dei raggi X usati in medicina e nell'industria.

Un altro metodo per provocare una emissione elettronica è basato sulla applicazione della luce, in quanto quest'ultima, essendo una radiazione elettromagnetica, è anch'essa una forma di energia. Di ciò — il lettore ricorderà — ci siamo già occupati sommariamente alla lezione 14ª. Le ragioni che determinano tale emissione esulano per il momento dal compito che ci proponiamo, comunque ci basterà sapere che esistono delle sostanze, cosiddette « fotosensibili », le quali emettono degli elettroni se vengono colpite dalla luce mentre sono sotto vuoto. Come avviene per l'emissione termoionica nei confronti della temperatura, la quantità di elettroni emessi varia a seconda della intensità della luce (**figura 6**). Questo tipo di emissione viene denominato « fotoelettrica », e su di esso si basano innumerevoli dispositivi, come ad esempio la lettura delle colonne sonore delle pellicole cinematografiche, le apparecchiature di allarme, i contatori elettromeccanici, i dispositivi per l'apertura e chiusura automatica delle porte, ecc.

Un altro tipo di emissione è quella denominato emissione a catodo freddo, dovuto alla forza di attrazione esercitata da una forte tensione, ossia da una forte differenza di potenziale, tra due corpi metallici, ma, poichè tale emissione può essere provocata soltanto mediante tensioni elevatissime, viene sfruttata solo per scopi particolari che non ci riguardano, come ad esempio la metallizzazione sotto vuoto di sostanze non conduttive.

Tipi di emettitori o catodi

Le sostanze che possono essere portate alla temperatura necessaria per una emissione elettronica soddisfacente, senza per altro fondere, sono poche; tra di esse prevalgono il tungsteno, il torio, l'ossido di bario ed altri ossidi (a questo scopo vengono depositati su una superficie metallica). Sono questi i materiali normalmente usati per la fabbricazione dei catodi nelle valvole termoioniche.

Il tungsteno ha notevole durata come emettitore, ma assorbe molta energia per raggiungere l'alta temperatura necessaria ad una buona emissione. Per questo motivo i catodi di tungsteno vengono impiegati esclusivamente nelle valvole di grande potenza. L'emettitore di tungsteno toriato porta su di un corpo in tungsteno un sottile

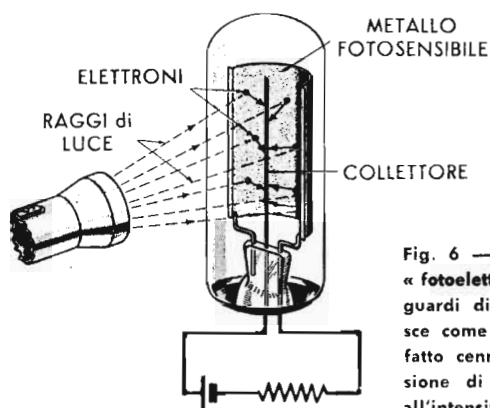



Fig. 6 — Esempio di emissione « fotoelettrica ». La luce, nei riguardi di determinati corpi, agisce come il calore al quale si è fatto cenno: si ha così un'emissione di elettroni proporzionale all'intensità della luce incidente.

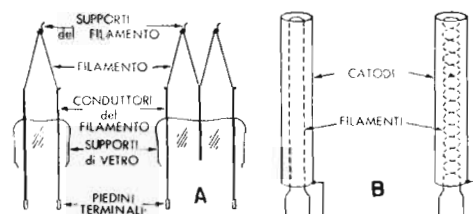



Fig. 7 — Il « catodo », cioè l'elemento che, riscaldato, emette gli elettroni, può essere formato, come in A, da un filamento (riscaldamento diretto) oppure — vedi B — da un tubetto che riceve il calore indirettamente (riscaldamento indiretto) dal filamento che, in questo caso, non ha più funzione elettronica diretta.

strato di torio il cui spessore è « monomolecolare », ossia è pari a quello di una sola molecola; ha il vantaggio di permettere una emissione elettronica abbondante con una temperatura inferiore a quella necessaria per il solo tungsteno. I catodi di questo tipo vengono impiegati per la costruzione di valvole funzionanti con tensioni di placca variabili da 500 a 5.000 volt.

Gli emettitori coperti con strati di ossido, infine, consistono in un supporto metallico, (generalmente di nichel), rivestito di una composizione di ossido di bario e di stronzio, depositato come strato monomolecolare; hanno una notevole efficienza, accompagnata da una lunga durata (funzione di lavoro) e per questo vengono impiegati per la costruzione della maggior parte delle valvole riceventi.

Riscaldamento del catodo

I catodi possono essere a riscaldamento **diretto** o **indiretto**. Il primo tipo è costituito direttamente dal filamento, come è illustrato nella sezione **A** della **figura 7**. Il riscaldamento è provocato dalla corrente che percorre il filamento, come avviene in una comune lampadina. In questo caso, il filamento stesso è l'elettrodo emettitore. Il secondo tipo è costituito da un tubetto metallico ricoperto da uno strato di ossido caratterizzato da una notevole attitudine ad emettere elettroni, isolato elettricamente dal filamento in esso contenuto. L'incandescenza di quest'ultimo ne determina il riscaldamento, come è illustrato nella sezione **B** della figura.

L'emissione elettronica aumenta con l'aumentare della temperatura, tuttavia, se la corrente che circola è eccessiva, il filamento fonde e si interrompe. Il valore della corrente necessaria, unitamente a quello della tensione opportuna per provocarla, viene enunciato dal fabbricante della valvola, per cui, per un uso corretto, è necessario osservare sempre, esattamente, tali valori. Inoltre, poichè la temperatura del filamento aumenta con l'aumentare della corrente che lo percorre, l'emissione aumenta fino ad un valore massimo che non può essere superato con nessun aumento di temperatura: si raggiunge così la « corrente critica » la quale, a sua volta, determina la « temperatura critica ».

Tutte le valvole sono denominate secondo un codice speciale costituito da lettere e da numeri. Generalmente, nella denominazione americana il primo numero indica approssimativamente la tensione di accensione. Nella denominazione europea, essa viene invece indicata da una lettera convenzionale. Ad esempio, la valvola 6L6 (americana), ha una accensione del filamento a 6 volt circa (esattamente 6,3), mentre la EF42 (europea) ha una accensione anch'essa a 6,3 volt ma è identificata sotto questo aspetto dalla lettera E con la quale si suole definire una serie di valvole che richiedono appunto 6,3 volt per il filamento.

Massima tensione di picco tra filamento e catodo

Una delle differenze sostanziali che sussistono tra le valvole a riscaldamento indiretto e quelle a riscaldamento diretto, è che nelle prime, le eventuali fluttuazioni della corrente di accensione del filamento non provocano alcuna variazione della corrente di emissione. Ciò è dovuto al fatto che la massa del catodo, una volta resa incandescente ad opera del filamento stesso, conserva tale stato con una notevole inerzia, anche se l'accensione viene sospesa completamente per qualche istante. Ciò non accade con le valvole nelle quali il filamento stesso agisce da catodo, in quanto la sua accensione è rapida tanto quanto lo spegnimento, ed è contemporanea rispettivamente all'applicazione o alla scomparsa della tensione, esattamente come avviene con le moderne lampadine di illuminazione.

Per contro, mentre le valvole ad accensione diretta entrano immediatamente in funzione non appena vengono accese, le altre, sempre a causa dell'inerzia della massa del catodo, richiedono un certo tempo (circa 30 secondi), per raggiungere la temperatura di funzionamento. Questo è il motivo per il quale i comuni apparecchi radio domestici, ad eccezione di quelli alimentati a batterie e dei tipi moderni a transistori, tardano qualche secondo ad entrare in funzione dopo essere stati — come si suol dire — « accesi ».

Diremo infine, che l'uso dell'accensione indiretta è, per le funzioni di amplificazione, indispensabile allorchè l'accensione stessa viene effettuata con corrente alternata. Infatti, se l'accensione fosse diretta, l'emettitore stesso sarebbe percorso dalle pulsazioni di detto tipo di corrente e queste ultime influirebbero (sotto forma di ronzio) sull'azione amplificatrice.

È importante rilevare che, nell'uso delle valvole a riscaldamento indiretto, è necessario prestare la massima attenzione onde evitare che il catodo venga polarizzato

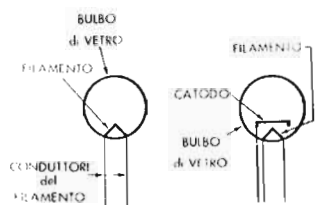



Fig. 7 bis — Gli elementi sin qui esaminati, vengono riprodotti come sopra indicato, negli schemi elettrici nei quali entrano a far parte.

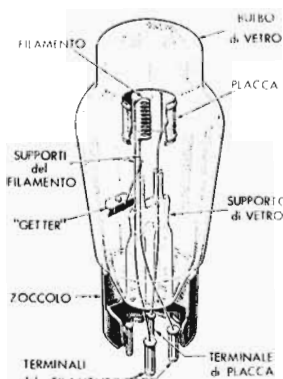



Fig. 8 — Struttura completa di una valvola a diodo. Il « getter » serve ad assorbire residui gassosi.

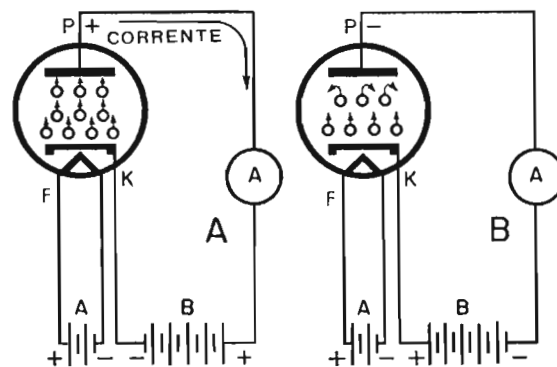



Fig. 9 — Un diodo è conduttore, tra catodo e placca, solo allorchè quest'ultima è positiva rispetto al catodo: in caso contrario, il circuito è aperto.

nei confronti del filamento con un potenziale notevolmente diverso da quello denunciato dal fabbricante, ciò in conseguenza della minima distanza esistente tra i due elementi. Detto potenziale varia da valvola a valvola; esso rappresenta la massima tensione che può sussistere, anche per un solo istante, tra i due elettrodi, senza che si producano scariche elettriche. Come si è detto, tale tensione è riportata nell'elenco delle caratteristiche delle valvole; normalmente, non supera di molto i 90 volt per la maggior parte delle comuni valvole per ricevitori.

La placca

Gli elettroni liberi usciti dal catodo, gravitano internamente alla valvola intorno al catodo stesso. Tuttavia, se nella valvola si trova una placchetta metallica avente un potenziale positivo nei confronti del primo, essi, come abbiamo già detto, ne vengono attratti.

In una valvola termoionica, la placca, chiamata anche comunemente « anodo », è costituita da un cilindro metallico (di nichel, molibdeno, tungsteno, rame, ferro o tantalio) o di grafite, che circonda il catodo ad una certa distanza (vedi **figura 8**).

IL DIODO

Principi costruttivi

Il tipo più semplice di valvola termoionica è il diodo, così chiamato — come si è detto — in quanto consta di due elettrodi; un emettitore o catodo, ed una placca.

Questo tipo di valvola, come tutti gli altri di cui ci occuperemo in seguito, può essere ad accensione diretta o indiretta. Sia che venga adottato l'uno o l'altro dei citati sistemi di riscaldamento, il funzionamento è sostanzialmente sempre eguale. La figura 8 illustra la sezione di un diodo nonchè la rappresentazione schematica dei due tipi, quello ad accensione diretta e quello ad accensione indiretta.

Funzionamento

Quando la placca di un diodo viene collegata al terminale positivo di una batteria e il catodo viene collegato a quello negativo, la prima viene ad essere positiva rispetto al secondo. Dal momento che gli elettroni emessi dal catodo sono particelle negative, essi vengono attratti dalla placca, come è illustrato alla **figura 9 A**. Gli elettroni scorrono quindi dal catodo alla placca internamente alla valvola, e, attraverso la batteria, tornano dalla placca al catodo. Questo flusso di corrente, chiamato corrente di placca o **corrente anodica**, può essere misurato dal milliamperometro « A » inserito nel circuito di placca.

Se la reciproca polarità viene invertita, la placca, logicamente, viene ad essere negativa rispetto al catodo, come in **figura 9 B**. In tal caso, non vi è più forza di attrazione da parte della placca, la quale anzi respinge gli elettroni che sono sempre particelle negative: la corrente anodica cessa di scorrere. Da quanto sopra deduciamo che **il diodo è conduttore quando la placca è positiva rispetto al catodo, e non conduttore nel caso contrario.** Ciò permette il suo impiego per due importantissime funzioni: la rettificazione e la rivelazione.

Ci occuperemo qui del primo compito mentre la funzione relativa alla rivelazione, alla quale si è già fatto un sommario cenno in altre lezioni (rivelazione a cristallo) sarà dettagliatamente illustrata in seguito.

Curve caratteristiche

Una curva caratteristica è un grafico che esprime il comportamento di un dispositivo. Nel nostro caso, essa rappresenta le varie correnti anodiche, in funzione delle tensioni applicate agli elettrodi e viceversa. I simboli adottati sono I_p ed E_p, rispettivamente per la corrente e per la tensione di placca; si può quindi affermare che la curva caratteristica di un diodo è una curva E_p-I_p. La corrente di placca non è altro che la quantità di corrente che scorre attraverso la valvola. Il potenziale di placca è il valore della tensione anodica relativo alla tensione applicata al catodo.

La curva caratteristica di un diodo viene ricavata collegando alla placca un potenziale variabile, come illustrato alla **figura 10 A**. In essa il voltmetro, « V », indica la tensione di placca corrispondente ai vari punti di collegamento alla batteria. Il milliamperometro, « MA », indica la corrente anodica corrispondente alle varie tensioni. Quando il voltmetro indica « zero », anche la corrente anodica è zero; mano a mano che il contatto della batteria si sposta verso destra, il potenziale positivo applicato alla placca aumenta. Quando la tensione di placca aumenta, aumenta anche la corrente anodica.

La sezione **B** della figura 10 illustra il circuito che

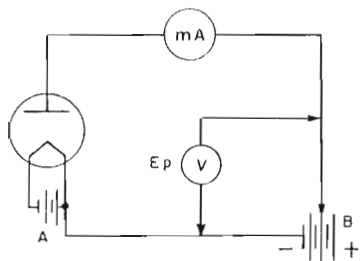



Fig. 10 A — Trascrivendo le letture del voltmetro « V » e del misuratore di corrente « mA » — dopo spostamenti successivi della presa sulla batteria « B », si può tracciare una curva caratteristica del diodo.

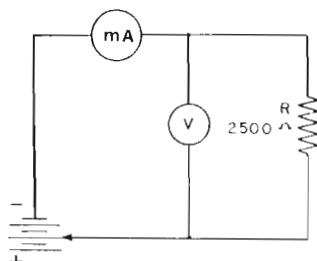
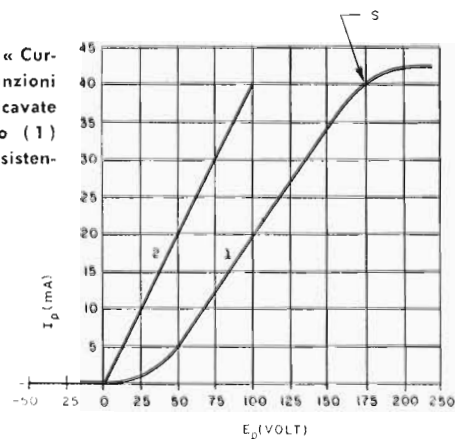



Fig. 10 B — Analogamente a quanto effettuato nei riguardi del diodo — figura a lato — si può ricavare una « curva » nei riferimenti di una resistenza « R ». I due risultati sono visibili alla figura 11.

Fig. 11 — « Curve » delle funzioni « Ep-Ip » ricavate da un diodo (1) e da una resistenza (2).

necessita per tracciare la curva *I-E* di una semplice resistenza.

I valori di E_p e di I_p della valvola per ogni diversa presa di tensione sulla batteria vengono segnati (traccia 1) sul grafico della **figura 11**. Appare evidente che, ad eccezione delle curvature presenti alle estremità, la curva in se stessa è una linea retta. Ciò significa che, ad ogni aumento della tensione di placca E_p, corrisponde l'attrazione da parte di questa di un maggior numero di elettroni Quando E_p raggiunge il valore di 175 volt la curva comincia a flettersi; quando perviene al valore di 200 volt diventa addirittura orizzontale. A questo punto, per quanto si aumenti E_p, I_p non può più aumentare, a meno che non si aumenti la temperatura del catodo onde aumentare l'emissione elettronica. Ciò però non è consigliabile in quanto diminuisce la durata della valvola.

Due dei termini che spesso vengono citati nel riferimento a curve caratteristiche sono *lineare* e non *lineare*. Il significato del primo è chiaramente illustrato nella **figura 12** sezione **A**. Ad esempio, se si applica una tensione continua ai capi di una resistenza, la relazione che intercorre tra la tensione (prima grandezza) e la corrente (seconda grandezza), è — come ben sappiamo — rappresentabile con una linea retta inclinata. Se una delle due grandezze varia, la variazione corrispondente della seconda è direttamente proporzionale alla variazione della prima. Questa relazione viene definita « lineare » in tutta la gamma delle possibili variazioni.

In tal caso, il termine « curva » è usato in modo improprio, in quanto l'espressione grafica non è una curva, bensì — ripetiamo — una linea retta. Nei confronti delle valvole elettroniche, si può affermare che non sempre la curva caratteristica delle relazioni tra corrente e tensione è lineare in tutta la sua lunghezza, come abbiamo testè visto per il diodo.

La figura 12 **B** rappresenta una curva, alla quale ci siamo già riferiti, del tipo che si incontra più comunemente nello studio delle caratteristiche di una valvola. Detta curva, a partire dall'origine in basso a sinistra, è « non lineare » per un certo tratto, al quale corrisponde una determinata gamma di valori della tensione applicata. Proseguendo verso l'alto, essa percorre un tratto « lineare » per poi riprendere un andamento non lineare. È molto importante che il lettore impari a distinguere i tratti lineari e non lineari di una curva caratteristica, in quanto, specialmente in seguito, allorchè verranno trattati gli argomenti della rivelazione e della amplificazione, ad essi verranno fatti frequenti riferimenti.

La mancanza di linearità all'inizio della curva è dovuta alla *carica spaziale* di elettroni liberi, vaganti intorno all'elettrodo emettitore. Non appena la tensione anodica positiva raggiunge un valore tale da determinare il totale spostamento alla volta dell'anodo stesso, il fenomeno non sussiste più, e la curva diventa rettilinea.

Come si è già precedentemente accennato, l'aumento del potenziale di placca determina un aumento della corrente anodica, fino però ad un punto detto di **saturazione**, contrassegnato con *S* nella curva di figura 11. Oltre tale punto (ossia tale valore di tensione anodica), qualsiasi ulteriore aumento della stessa, si è detto, non determina più alcun aumento di corrente, in quanto il catodo non può emettere un numero maggiore di elettroni. Da tal punto il lato superiore della curva riprende, come in basso, un andamento non lineare.

Questo fenomeno non può verificarsi con una semplice resistenza, poichè gli elettroni che la percorrono provengono direttamente dalla sorgente di alimentazione; l'unica condizione imposta è che l'intensità della corrente non superi il valore massimo che può essere tollerato, e che è in funzione della possibilità di dissipazione in watt da parte della resistenza. Per contro, in una valvola, dal momento che il passaggio della corrente ha luogo grazie all'emissione di elettroni da parte del catodo, il massimo valore della corrente è in funzione della possibilità di emissione del catodo stesso, la quale possibilità non è illimitata.

La curva caratteristica di una valvola è di grande importanza. Essa mostra esattamente come un diodo funzioni in un determinato circuito. Lungo il tratto rettilineo, il diodo si comporta esattamente come una comune resistenza, la linea retta (*2*) presente nella figura 11 illustra appunto la « curva » *I-E* di una resistenza. In altre parole, il diodo funziona come una resistenza che permette il passaggio di una corrente proporzionale alla tensione applicata. L'unica differenza tra il diodo e la resistenza sta nel fatto che nel diodo la corrente può passare in un solo senso, e che il suo valore resistivo è costante solo se esso funziona lungo il tratto rettilineo della curva.

Curve multiple o « «famiglie di curve »

Normalmente il fabbricante enuncia, per ogni tipo di valvola, diverse curve caratteristiche, contemporaneamen-

Fig. 12 A — « Curva » a caratteristica « lineare ». Se varia una delle grandezze, anche l'altra varia, in misura direttamente proporzionale. Il termine di « curva » è qui, evidentemente, improprio.

Fig. 12 B — Curva con andamento lineare e non lineare: è caratteristica del diodo. Nella parte inferiore la non linearità dipende dalla « carica spaziale », in quella superiore, dalla « saturazione ».

Fig. 13 — Più curve sullo stesso grafico rappresentano una « famiglia di curve ». In questo caso, A, B e C sono curve riferite a diverse temperature del catodo della stessa valvola.

te. Esse — oramai ci è noto — hanno lo scopo di illustrare le relazioni che intercorrono tra due medesime grandezze, in diverse condizioni di funzionamento. Un gruppo di curve, rappresentate tutte sul medesimo grafico, costituisce una **famiglia di curve**; ciò è illustrato in **figura 13.** In essa sono rappresentate diverse curve della relazione tra corrente di placca (anodica) e tensione di placca, corrispondenti a varie temperature del catodo. Per un determinato valore della tensione anodica, la corrente relativa raggiunge il valore massimo all'apice della curva *A*. Di conseguenza, quest'ultima è riferita alla massima temperatura del catodo. La curva *B* denota una diminuzione di detta temperatura, la quale assume il suo valore minimo (ossia appena sufficiente per determinare una emissione apprezzabile da parte del catodo), in corrispondenza della curva *C*.

Le curve caratteristiche, o famiglie di curve, che si trovano sui testi e nei bollettini di dati forniti dai fabbricanti di valvole, sono normalmente riferite alla intensità della corrente attraverso la valvola. La più comune, è appunto quella che esprime detta intensità in funzione dei vari valori della tensione positiva applicata alla placca. In altre parole, ripetiamo, si tratta della caratteristica tensione-corrente di placca. Esistono tuttavia altri tipi di curve, semplici e complesse, delle quali ci occuperemo mano a mano che progrediremo nello studio delle valvole termoioniche.

La resistenza interna

La resistenza di un diodo (detta resistenza interna) può essere individuata mediante la legge di Ohm, come segue: $R = E : I$
nella quale R è la resistenza in ohm, E la tensione anodica in volt, ed I la corrente anodica in ampère.

In ogni punto della curva caratteristica, esiste una data corrente, I_p, corrispondente ad una data tensione di placca, E_p. Di conseguenza, la resistenza di placca R_p è data, per ogni punto della curva, da: $R_p = E_p : I_p$.

La resistenza di placca della maggior parte dei diodi a valvola è di circa 500 ohm quando il diodo conduce; quando invece la tensione di placca è inferiore a quella del catodo, il diodo — come sappiamo — non conduce e, naturalmente, I_p è zero. La resistenza di placca in quest'ultimo caso è infinita. È interessante notare che il diodo agisce praticamente come un interruttore aperto quando la placca è negativa, e viceversa. Pertanto, se la polarità di placca si inverte rapidamente, esso funziona come un interruttore che si apre e che si chiude con la medesima frequenza della inversione di polarità.

Il diodo come rettificatore di una semionda

Il compito principale del diodo è di raddrizzare la corrente alternata, ossia di convertirla in corrente continua. Ciò è possibile, dato che esso permette, come abbiamo testè visto, il passaggio della corrente in un unico senso. Così, se alla placca viene applicato un potenziale alternato, la corrente circola soltanto durante la semionda cui la placca ha valore positivo rispetto al catodo.

La **figura 14** illustra lo schema di collegamento di un diodo come rettificatore di una semionda. Il primario del trasformatore è collegato alla rete di distribuzione della energia elettrica. Dei due secondari, uno, a bassa tensione, fornisce l'energia necessaria per l'accensione del filamento: l'altro, ad alta tensione, fornisce la tensione da rettificare. Uno dei terminali del secondario ad alta tensione è collegato direttamente al carico, il quale, a sua volta fa capo, dall'altro lato, al filamento (o al catodo) del diodo.

L'altro terminale dell'alta tensione è in diretto contatto con la placca. L'alta tensione (che è tale grazie all'elevato rapporto del numero di spire dell'avvolgimento relativo, rispetto al primario) rende detta placca successivamente positiva e negativa, a seconda delle alternanze della tensione. Non appena la tensione alternata viene applicata ai capi del primario, i due terminali dell'avvolgimento ad alta tensione diventano successivamente ed alternativamente negativi e positivi (rispetto al filamento) durante ogni ciclo della tensione alternata. Dal momento che la valvola permette il passaggio della corrente soltanto nella fase in cui la sua placca è positiva rispetto al filamento, ne consegue che la corrente scorre soltanto durante la metà di ogni ciclo. Da ciò, se la tensione applicata alla placca ha un andamento pari a quello della figura 14 **B**, la corrente d'uscita che percorre il carico ha invece l'andamento illustrato alla figura 14 **C**.

La curva caratteristica di un diodo dimostra per quale motivo esso rettifica. La **figura 15** riporta la curva E_p-I_p di un diodo, una tensione alternata di ingresso (sinusoidale) e la corrente continua (pulsante) presente in uscita.

All'inizio, la placca del diodo è a potenziale zero. Non

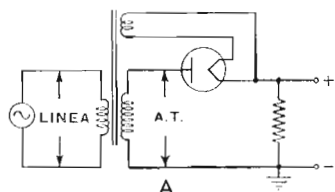



Fig. 14 — Diodo connesso come rettificatore di una semionda e andamento della tensione alla placca (in B) ed all'uscita (in C).

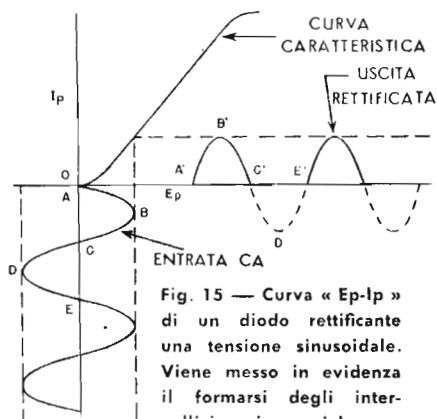



Fig. 15 — Curva « Ep-Ip » di un diodo rettificante una tensione sinusoidale. Viene messo in evidenza il formarsi degli intervalli in cui non si ha corrente in uscita.

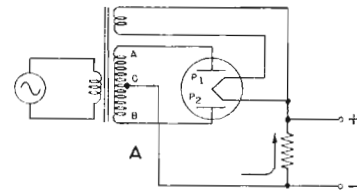



Fig. 16 — Doppio diodo in funzione di rettificatore di due semionde ed andamento della tensione alle placche (in B) ed all'uscita (in C).

appena la tensione alternata inizia la fase ascendente (positiva), la placca assume i successivi valori positivi da *A* a *B* a *C*, ivi comprendendo naturalmente tutti i valori intermedi non illustrati per semplicità di disegno. Ciò provoca il passaggio della corrente, la quale assume il valore corrispondente *A'*, *B'* e *C'*. Durante il semiperiodo da *C* a *D* ad *E* — invece — la placca assume valori negativi. Poichè con la placca negativa non si ha alcun passaggio di corrente al carico, ne consegue che, in uscita, si ha una serie di impulsi di corrente separati da intervalli in cui la corrente viene a mancare, aventi la medesima durata di quelli in cui essa è presente.

Allo scopo di livellare tali impulsi in modo da eliminare gli intervalli e le differenze di ampiezza, si usa, nel circuito di uscita, un filtro appropriato, costituito generalmente da condensatori e da impedenze o da resistenze. Tuttavia, proprio a causa di detti intervalli, la tensione rettificata su una sola semionda, non può essere livellata altrettanto bene quanto può esserlo quella rettificata su entrambe le semionde che, per tale fatto, non presenta intervalli.

Il diodo come rettificatore di due semionde

La rettificazione delle due semionde avviene per entrambi i semiperiodi di un ciclo di corrente alternata; essa viene effettuata con due diodi. Quest'ultimi possono essere uniti in una unica valvola detta « doppio diodo ». Ciascun diodo permette il passaggio della corrente durante una alternanza, secondo lo schema illustrato nella **figura 16.**

I filamenti o catodi dei due diodi sono in comune, ossia collegati tra loro, e spesso, come nella figura citata, sono costituiti da un unico filamento che appartiene contemporaneamente ad entrambi i diodi. I due terminali dell'avvolgimento ad alta tensione sono collegati alle due placche. La presa centrale fa capo ad una estremità del carico, il cui secondo terminale è in contatto con il filamento (o catodo) dei diodi.

La corrente alternata che scorre nel primario induce una tensione alternata nel secondario. Le due placche assumono alternativamente un potenziale positivo rispetto al catodo. Infatti, mentre una è positiva, l'altra è negativa, e viceversa.

Seguiamo ora il circuito partendo da ogni placca, attraverso la relativa metà dell'avvolgimento ad alta tensione ed il carico, fino a raggiungere il catodo. Supponiamo che, durante un semiperiodo, il terminale superiore, *A*, sia positivo rispetto al terminale *B*. Poichè la presa centrale *C* è a metà strada tra i due, il suo potenziale sarà negativo rispetto ad *A* e positivo rispetto a *B*. Quindi, dal momento che la presa centrale torna al filamento attraverso il carico, nell'istante da noi considerato P_1 è positiva rispetto al filamento stesso.

Gli elettroni emessi vengono attratti da P_1, percorrono l'avvolgimento ad alta tensione fino al punto *C*, dopo di che si dirigono verso il filamento attraverso il carico, nella direzione indicata dalla freccia.

Durante il semiperiodo successivo, invece, P_2 è positiva rispetto al filamento: essa quindi attrae gli elettroni che percorrono la relativa metà del secondario del trasformatore fino al punto *C*, dal quale raggiungono nuovamente il filamento attraverso il carico, sempre nel senso indicato dalla freccia.

Da ciò possiamo dedurre che la corrente che percorre il carico scorre sempre nel medesimo senso durante entrambe le semionde. Una tensione di ingresso pari a quella rappresentata in *B* della figura 14 determina nel carico una corrente analoga a quella rappresentata nella sezione *C* della medesima figura. È interessante notare che la frequenza delle pulsazioni di corrente continua così ottenute, è doppia di quella della tensione alternata di entrata. Ciò significa che se la tensione di alimentazione è alternata a 50 Hz, la corrente rettificata ha una frequenza di pulsazioni di 100 Hz. Questo è il motivo per cui il sistema può essere sfruttato in certi casi oltre che per rettificare, anche allo scopo di raddoppiare la frequenza di una corrente alternata. Questo sistema di rettificazione viene adottato nella maggior parte dei circuiti di alimentazione degli apparecchi elettronici, in quanto presenta il vantaggio di una maggiore possibilità di livellamento, dovuta al fatto che non esistono intervalli in cui la tensione è completamente assente. Occorre però tener presente che, in questo caso, dal momento che le due sezioni del secondario lavorano alternativamente, la differenza di potenziale tra i suoi estremi deve essere circa il doppio della tensione che si desidera avere in uscita. In compenso, poichè l'assorbimento di corrente avviene in una sola sezione, durante ogni ciclo completo, la dissipazione di potenza da parte del trasformatore rimane la stessa che si avrebbe in un circuito di rettificazione ad una sola semionda.

ALIMENTATORI

Abbiamo testè visto, nella lezione precedente, come una valvola abbia bisogno, per il suo funzionamento, di determinate tensioni. È risultato evidente altresì che alla valvola necessita una tensione detta di placca ed una distinta tensione detta di filamento o di accensione. Con gli apparecchi a valvola sorge pertanto il problema di provvedere adeguatamente in merito e si può fare ricorso, evidentemente, a diversi tipi di fonti, scegliendo quella che per le sue caratteristiche meglio risponde al particolare apparecchio.

L'assieme di organi o parti cui è affidato il compito di fornire le giuste tensioni è detto **alimentatore.** Si avranno, di conseguenza, alimentatori costituiti da generatori rotanti (per complessi portatili consumanti elevata potenza), da batterie di accumulatori, da batterie di pile ed infine, da circuiti e parti predisposte per utilizzare convenientemente la tensione della comune rete di illuminazione. Ci occuperemo, in questa lezione, di quest'ultimo tipo di alimentatore in quanto risulta di gran lunga il più diffuso e, come tale, parte integrante di moltissimi apparecchi elettronici.

Poichè, ad eccezione della tensione necessaria per i filamenti, che può essere alternata, l'uscita del circuito di alimentazione deve essere in grado di erogare corrente continua (vedremo più avanti, studiando il funzionamento della valvola, il perchè) una delle funzioni principali dell'alimentatore in questione consiste nella rettificazione della corrente alternata. A questo scopo si impiega una valvola (e qualche volta dispositivi ad ossido) per cui si può dire che è necessaria una valvola per alimentare le altre valvole. Tale valvola è un diodo (semplice o doppio, a riscaldamento diretto o indiretto) e già alla lezione precedente abbiamo visto, per sommi capi, come il fenomeno della rettificazione venga svolto in questa applicazione. Possiamo concludere che un alimentatore consiste in alcuni componenti essenziali, e che in esso individuiamo quasi sempre: un trasformatore, un dispositivo rettificante, un dispositivo di filtraggio ed un partitore di tensione. Volendo schematizzare un alimentatore nei suoi componenti, esso si presenterà pertanto come da **figura 1.**

COMPONENTI dell'ALIMENTATORE

Il trasformatore viene usato in quanto, mediante il suo impiego, è possibile aumentare o ridurre una tensione di qualsiasi ampiezza. Dato che la tensione disponibile della rete ha un valore fisso, è quasi sempre necessario elevarlo per giungere ai valori richiesti come tensione anodica, e ridurlo per i valori richiesti dalle accensioni. Essendo necessarie contemporaneamente tensioni diverse, a regimi diversi di corrente, ovviamente si perverrà ad un trasformatore a più secondari. Nel corso della lezione dedicata interamente ai trasformatori di alimentazione, abbiamo visto in dettaglio e la teoria di funzionamento e la tecnica costruttiva, con esempi di calcolo. Ricorderemo perciò quì, solamente, che assai spesso il trasformatore destinato ad un apparecchio radio è appunto provvisto di più secondari. Nel corso dello studio che segue, si tenga presente che, anche allorchè nei disegni illustrativi apparirà un trasformatore con un solo avvolgimento secondario, sarà perchè l'argomento verterà sull'esame della sola sua funzione: altri secondari, anche se non disegnati, sono quasi sempre presenti sullo stesso trasformatore, per l'accensione delle stesse raddrizzatrici di cui si discute e delle altre valvole alle quali si fornisce la tensione anodica.

Il dispositivo rettificante ha il compito, come dice il suo nome, di rettificare la corrente alternata. Essendo la corrente rettificata non perfettamente continua, è necessaria l'azione di filtraggio alla quale già si è fatto cenno. Per la rettificazione vi sono diversi dispositivi, e citeremo: la valvola elettronica, i rettificatori ad ossido, i raddrizzatori a cristallo, i raddrizzatori elettrolitici e i raddrizzatori a funzionamento meccanico. Per gli alimentatori impiegati nel campo elettronico, i sistemi più usati sono quelli che ricorrono alle valvole elettroniche ed ai raddrizzatori a ossido.

I tipi di impiego generale, per ciò che si riferisce alle valvole elettroniche, sono: **1)** i tipi ad alto vuoto e **2)** i tipi a gas. In linea di massima si può dire che le valvole ad alto vuoto sono impiegate allorchè necessitano alte tensioni, e quelle a gas allorchè abbisognano forti correnti.

Ricordando quanto già si è esposto in merito alla rettificazione di una o di due semionde, e, a titolo riassuntivo, riproduciamo ancora in **figura 2** un assieme rettificatore di una semionda, in **figura 3** quello di due semionde e passiamo quindi — anche per un immediato confronto — allo schema di **figura 4** che è relativo ad un rettificatore

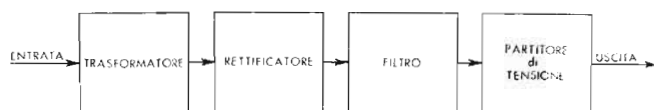



Fig. 1 — Un alimentatore, analizzato nei suoi elementi componenti, è quasi sempre formato da un trasformatore di collegamento alla rete, da un rettificatore (a valvola o a ossido), da un filtro della corrente rettificata (a ingresso capacitivo o induttivo) e da un assieme di resistenze (partitore) poste in parallelo all'uscita in modo da permettere la scelta di diverse tensioni.

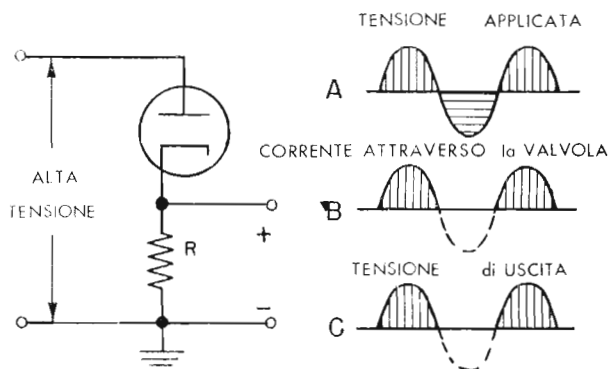



Fig. 2 — Raddrizzamento di una semionda e rappresentazione della tensione d'entrata nei confronti della corrente e della tensione d'uscita.

denominato **a ponte**, di cui ora esporremo le caratteristiche.

RETTIFICATORI a PONTE

Il circuito impiega quattro elementi rettificanti. La tensione di ingresso è applicata a due punti diagonalmente opposti del circuito, mentre l'uscita viene prelevata dagli altri due punti.

Durante un'alternanza, l'estremità superiore del secondario del trasformatore è positiva rispetto all'estremità inferiore. Tale tensione è presente tra: V_1, la resistenza di carico R e V_3, in serie tra loro: essa rende le placche di entrambe le valvole (V_1 e V_3) positive nei riguardi dei rispettivi catodi. Di conseguenza, le valvole V_1 e V_3 diventano conduttrici per la corrente. Quest'ultima perciò, scorre dal terminale inferiore del secondario, attraverso V_1, percorre la resistenza R (verso l'alto), attraversa V_3 e torna al secondario (verso il basso). Questo flusso di corrente attraverso la resistenza di carico, produce un impulso di tensione positiva all'uscita, al capo superiore della resistenza R.

Nel semiperiodo successivo, il terminale inferiore del secondario del trasformatore è positivo rispetto al terminale superiore. Le valvole V_1 e V_3 non conducono. La corrente scorre verso il basso attraverso V_4, verso l'alto nella resistenza R, indi verso il basso attraverso V_2, dopo di che ritorna (verso l'alto) al secondario del trasformatore.

Il primo percorso della corrente al quale si è fatto cenno, è indicato dalle frecce a tratto pieno sullo schema di figura 5; l'altro flusso è indicato dalle frecce a tratto interrotto.

A questo punto, è necessario notare che durante entrambi i semiperiodi la corrente che scorre attraverso la resistenza di carico R, risulta sempre nella stessa direzione. Tale corrente determina ai capi di R una tensione a polarità costante e, più esattamente, positiva al terminale superiore. Ciò ci dimostra che il tipo di raddrizzatore descritto funziona come rettificatore delle due semionde.

Un'altra caratteristica importante del rettificatore a ponte, consiste nel fatto che la tensione di uscita è quasi doppia di quella di un rettificatore convenzionale delle due semionde. Questo, in quanto l'intera tensione presente ai capi del secondario viene applicata al circuito, mentre nel raddrizzatore di tipo convenzionale le due metà del secondario ad alta tensione lavorano alternativamente. In conseguenza, per ottenere un'uscita, poniamo, di 1.000 volt, con un rettificatore a ponte, è necessario che il trasformatore fornisca una tensione leggermente superiore, mentre per ottenere la medesima tensione di uscita con un rettificatore convenzionale, il secondario del trasformatore di alimentazione dovrebbe fornire una tensione leggermente maggiore di 2.000 volt.

Le valvole, in un rettificatore a ponte, debbono sopportare una tensione di picco inversa, inferiore a quella presente nel rettificatore a due semionde precedentemente considerato. La *tensione di picco inversa*, è la tensione negativa applicata ai capi degli elementi rettificatori durante la fase in cui essi non conducono: se è troppo alta, può causare danno al raddrizzatore per rottura dell'isolamento.

Se due circuiti — un rettificatore a ponte, ed un rettificatore di tipo convenzionale a due semionde — hanno caratteristiche tali da consentire la medesima tensione continua di uscita, gli elementi del secondo tipo devono essere tali da poter sopportare una tensione inversa di valore quasi doppio di quella che può essere sopportata dagli elementi del primo. Ad esempio, se si desidera una tensione d'uscita di 1.000 volt, i diodi che costituiscono il rettificatore a due semionde sono sottoposti ad una tensione negativa di circa 1.000 volt, negli istanti in cui non conducono. Per contro, nel tipo a ponte, ciascun elemento deve sopportare in tali condizioni una tensione di soli 500 volt, in quanto gli elementi sono collegati in serie a due a due.

Il circuito rettificatore a ponte però, non è di uso comune nella realizzazione con valvole elettroniche poichè, in tal caso, si rende necessario per ciascuna di esse un trasformatore o almeno un avvolgimento separato per l'accensione di ciascun filamento. Nel caso poi si usino valvole raddrizzatrici a riscaldamento indiretto, vi è il fatto che, tra il filamento ed il catodo — come abbiamo affermato nella lezione precedente — non può sussistere un'eccessiva differenza di potenziale.

Nel circuito di figura 4, i catodi di V_2 e di V_3 hanno il medesimo potenziale. Tuttavia, il potenziale del catodo di V_1 è diverso da quello del catodo di V_2 e di V_3, come pure il catodo di V_4 ha un potenziale diverso da quello delle altre valvole. Di conseguenza, è indispensa-

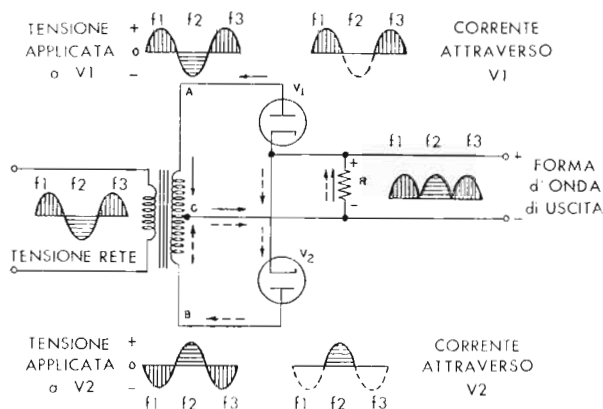



Fig. 3 — Raddrizzamento di due semionde e forme d'onda relative.

Fig. 4 — Circuito di rettificatore a ponte. Gli elementi di rettificazione funzionano due a due. Durante una semionda il percorso è: V_1 - R - V_3 (frecce a tratto intero); durante l'altra semionda è V_1 - R - V_2 (frecce a tratto interrotto). Le forme d'onda che compaiono nei diversi punti sono numerate in ordine progressivo.

bile adottare tre sorgenti separate di tensione per l'alimentazione di detti filamenti. Queste devono essere perfettamente isolate tra loro e rispetto alla massa, a causa delle forti differenze di potenziale a corrente continua che si manifestano in vari punti del circuito.

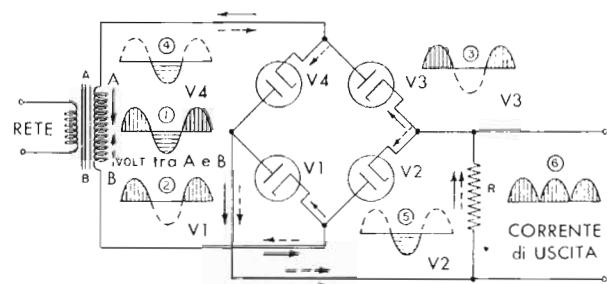
Questo svantaggio non si verifica invece nei circuiti di rettificazione a ponte nei quali vengono usati elementi rettificatori ad ossido. Questi ultimi non necessitano di una sorgente di energia per l'accensione; per questo motivo essi sono quasi sempre prescelti nella realizzazione di circuiti di questo tipo.

RADDRIZZATORI ad OSSIDO di RAME

Se si mettono in contatto tra loro due superfici di metalli diversi aventi uno spessore minimo, gli elettroni possono passare dall'una all'altra più facilmente in una direzione, che non in quella opposta. Le due combinazioni metalliche di uso più comune a tale scopo sono: una superficie di ossido di rame in contatto con rame puro, ed una superficie di selenio a contatto con ferro o con alluminio.

Questi elementi rettificatori sono rappresentati schematicamente dal simbolo illustrato in **figura** 5, peraltro già noto al lettore. Per una corretta interpretazione, occorre dire che il simbolo, stabilito prima che fosse adottata nel nostro campo la teoria elettronica relativa alla direzione del flusso, ha la punta della freccia rivolta nel senso di conduzione convenuto dalla teoria precedente, diremo così, da quella *elettrica*. Perciò è bene tenere presente che il raddrizzatore conduce, secondo i nostri schemi, nel senso opposto a quello interpretativo del suo simbolo.

Un diodo, abbiamo visto, compie la funzione di rettificazione in quanto gli elettroni scorrono più facilmente dal catodo alla placca che non dalla placca al catodo. Un rettificatore ad ossido di rame funziona in modo del tutto analogo, in quanto gli elettroni passano dal rame all'ossido di rame molto più agevolmente che non in direzione opposta. Analogamente, in un rettificatore al selenio, gli elettroni passano dal ferro o dall'alluminio al selenio, molto più agevolmente che non in senso opposto.

La **figura 6** illustra lo schema di un circuito nel quale un elemento rettificatore metallico compie la funzione di rettificazione di una sola semionda. In tal caso, l'elemento ad ossido di metallo si comporta esattamente come un diodo ad emissione termoionica. Gli elettroni — infatti — scorrono liberamente dall'elettrodo di rame a quello la cui superficie è cosparsa di ossido di rame, allorchè quest'ultimo è più positivo che non il primo.

Quando la tensione alternata di ingresso è positiva, il rettificatore conduce la corrente, come illustrato, nella direzione della freccia. Quando invece detta tensione è negativa, l'elettrodo di rame è positivo rispetto all'ossido, e, in tali condizioni, si ha soltanto il passaggio di una corrente di minima intensità.

La tensione di uscita non è perfettamente continua, proprio a causa della lieve corrente opposta che scorre durante i semiperiodi negativi.

Dal momento che lo strato di ossido di rame è estremamente sottile, esso non è in grado di sopportare una tensione molto elevata. Allorchè si desidera un funzionamento con tensioni notevoli, si riuniscono in serie vari elementi costituiti da strati alterni di rame e di ossido di rame. Tra di essi vengono inserite delle ranelle di un metallo malleabile, come ad esempio il piombo, onde assicurare una distribuzione uniforme della pressione di contatto tra i vari strati. Detta pressione è stabilita dal dado di chiusura avvitato su un perno coassiale con tutti gli elementi connessi in serie.

Dal momento che gli elementi rettificatori ad ossido di rame non sono adatti a sopportare elevate tensioni inverse, il loro impiego è alquanto limitato nei circuiti di rettificazione di una sola semionda.

Nei circuiti di rettificazione a ponte è possibile adottare sia i rettificatori ad ossido di rame che i tipi di selenio, in quanto la tensione inversa presente ai capi di ogni singolo elemento del ponte è in ogni caso relativamente bassa.

La **figura 7**, illustra lo schema di un rettificatore metallico ad ossido, del tipo a ponte. Allorchè il punto *A* è positivo rispetto a *B*, gli elementi 1 e 3 conducono, come illustrato dalle frecce in tratto continuo. Nel semiperiodo successivo — quando cioè *B* è positivo rispetto ad *A* — la conduzione, ossia il passaggio della corrente, avviene attraverso gli elementi 2 e 4, come illustrato dalle frecce tratteggiate. Si noti che la corrente che passa attraverso la resistenza di carico *R* ha la medesima direzione in entrambi i semiperiodi.

Entrambi i tipi ora descritti di rettificatori metallici sono adatti a fornire correnti rettificate di notevole in-

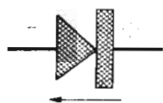



Fig. 5 — Simbolo rappresentante un rettificatore ad ossido. Si noti l'indicazione del senso di conduzione secondo l'uso elettronico.

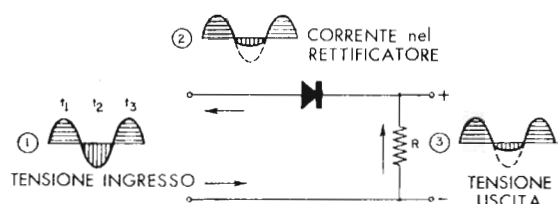



Fig. 6 — Circuito rettificatore di una semionda con impiego di elemento ad ossido. È evidente la maggiore semplicità di circuito rispetto all'uso di una valvola. Tensioni e corrente sono numerate in ordine progressivo.

Fig. 7 — Schema di raddrizzatore a ponte con elementi ad ossido. Conducono contemporaneamente 1 e 3 e, nella semionda successiva, 2 e 4. Le frecce a tratto intero indicano il primo percorso, e quelle tratteggiate il secondo. Si noti che, nella resistenza di carico R, vi è passaggio di corrente sempre, per cui si ha tensione continua per 2 semionde.

tensità, in quanto la superficie dei rispettivi elettrodi posta a contatto con quella degli elettrodi affacciati può essere di qualsiasi dimensione, a seconda delle necessità (ossia della corrente di funzionamento). Inoltre, allo scopo di favorire il raffreddamento, il calore prodotto all'interno degli elementi dal passaggio della corrente viene normalmente dissipato in gran parte da alette di raffreddamento opportunamente distribuite tra gli elementi stessi.

La resistenza di un rettificatore al selenio nel senso di conduzione è inferiore a quella di un rettificatore ad ossido di rame. Per questo motivo il primo tipo denota un rendimento superiore nei confronti del secondo; esso infatti, a parità di dimensioni, consente la rettificazione di una corrente di maggiore intensità.

I rettificatori metallici vengono normalmente impiegati per il funzionamento di motori e di relais, per i circuiti di polarizzazione, per la ricarica di batterie di accumulatori, e, secondo i più recenti sviluppi della tecnica, tendono sempre più a sostituire le valvole raddrizzatrici (diodi a vuoto o termoionici) per l'alimentazione degli apparecchi radio, degli amplificatori e dei televisori, grazie soprattutto al fatto che essi consentono una notevole semplificazione dei circuiti, unitamente ad una economia di costo, di spazio e di peso.

DUPLICATORI di TENSIONE

I duplicatori di tensione sono dispositivi di alimentazione che possono fornire una tensione quasi doppia di quella alternata loro applicata. Questo fatto è possibile grazie all'impiego di due condensatori, ognuno dei quali si carica durante un semiperiodo della tensione di ingresso: essi sono collegati nel circuito in modo tale che le tensioni presenti ai loro capi si sommino, risultando in serie.

La **figura 8** illustra lo schema di un rettificatore di questo tipo. Quando il punto *A* del secondario del trasformatore è positivo rispetto al punto *B*, la placca di V_1 è positiva rispetto al catodo. Gli elettroni scorrono nel senso indicato dalle frecce a tratto continuo, ossia dal catodo alla placca di V_1, attraverso il trasformatore e quindi, verso l'alto, attraverso la resistenza di carico R_1. L'elettrodo superiore del condensatore C_1 è perciò positivo rispetto all'altro suo elettrodo, con una differenza di potenziale pari alla tensione di cresta dell'onda di corrente alternata entrante.

Nel semiperiodo successivo, invece, V_1 non conduce. C_1 ha la possibilità di scaricarsi gradualmente attraverso R_1. Contemporaneamente, mentre C_1 si scarica, C_2 si carica grazie alla corrente che scorre attraverso V_2. La corrente elettronica durante questo ciclo è indicata dalle frecce tratteggiate. In questo secondo semiperiodo, C_2 si carica con una tensione pari a quella di C_1. La tensione d'uscita viene prelevata tra massa ed il punto *O*. Essa quindi corrisponde alla somma delle tensioni presenti ai capi dei due condensatori, ossia a circa il doppio della tensione alternata presente tra *A* e *B*.

Le resistenze R_1 ed R_2 hanno valori sufficientemente alti da permettere la persistenza della carica fornita dai rispettivi condensatori in assenza della tensione proveniente dal trasformatore. È questa, dell'inserimento di tali resistenze, una misura precauzionale per evitare danni ai condensatori stessi, dovuti all'alta tensione, non appena il dispositivo viene disinserito. Come è già stato spiegato a suo tempo (pagina 245), la resistenza di dispersione di due condensatori di eguale valore può essere diversa. Le due resistenze inserite eguagliano pertanto le cadute di tensione, di modo che la tensione di lavoro dei condensatori viene equamente divisa.

Le correnti fornite al carico, derivano da C_1 e da C_2, che sono in serie. È necessario perciò usare carichi con basso assorbimento. Se col carico si assorbe troppa corrente, la carica dei condensatori non può sussistere per il tempo necessario, e il risultato è una instabilità della tensione.

Se i condensatori C_1 e C_2 sono di alto valore, le valvole possono essere protette da una corrente di picco eccessiva, inserendo resistenze limitatrici nel conduttore del catodo di V_1 e nel conduttore di placca di V_2.

CIRCUITI di FILTRAGGIO

La tensione presente all'uscita di qualsiasi circuito rettificatore è una corrente continua pulsante. Essa è costituita cioè da impulsi di tensione aventi sempre la me-

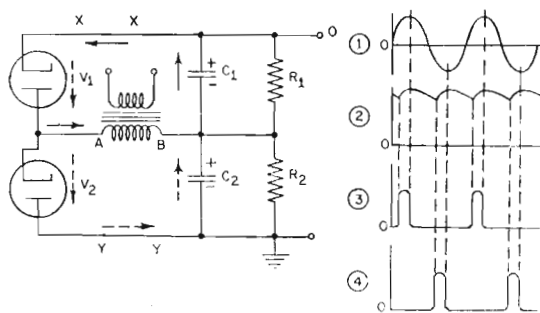



Fig. 8 — Circuito duplicatore di tensione: tensione entrante (1); tensione d'uscita (2); corrente in V_1 (3); corrente in V (4).

Fig. 10 — Filtro ad ingresso capacitivo. « C » immagazzina energia che restituisce tra gli impulsi.

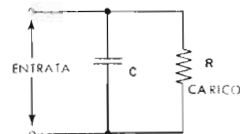



Fig. 9 — Variazioni di ampiezza (A e B) rispetto alla tensione, presenti nella tensione pulsante.

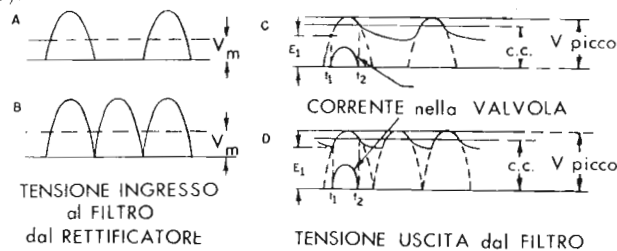



Fig. 11 — Tensione di picco e media prima del filtro capacitivo; (A = 1 semionda, C = 2 semionde) e dopo (B e D).

desima polarità. La tensione d'uscita oscilla intorno ad un valore medio, quando gli impulsi di energia vengono applicati al carico. Prima però che la tensione rettificata possa essere applicata al circuito di utilizzazione, deve essere livellata fino a raggiungere caratteristiche identiche a quelle della corrente continua. A questo scopo, vengono impiegati i circuiti di filtraggio che sono una combinazione di condensatori, induttanze e resistenze. Nella **figura 9**, le zone scure (A e B) rappresentano le variazioni di ampiezza della tensione d'uscita di un rettificatore a due semionde. L'ondulazione è la parte che si trova al di sopra ed al di sotto del valore medio della tensione. La frequenza delle ondulazioni derivanti da una rettificazione delle due semionde, è doppia di quella di ingresso, mentre quella di un rettificatore ad una sola semionda è eguale alla frequenza d'entrata. Così, con la nota tensione di alimentazione rete a 50 Hz, la frequenza di uscita sarà di 50 o di 100 Hz, a seconda del tipo di circuito usato.

Filtri a capacità

Le ondulazioni esistono in quanto la [illegible] viene fornita al carico sotto forma di impulsi. Esse possono essere attenuate se una parte dell'energia viene immagazzinata in un condensatore, e riutilizzata durante gli istanti in cui gli impulsi di tensione vengono a mancare, ossia, tra un impulso e l'altro. La **figura 10** illustra lo schema di un filtro capacitivo. La tensione d'uscita di un rettificatore è applicata contemporaneamente al condensatore *C* ed al carico *R*. Il condensatore *C* si carica alla tensione di picco del raddrizzatore, pochi cicli dopo l'inizio del funzionamento. Questa carica rappresenta, come si è detto, energia immagazzinata. Quando la tensione d'uscita del rettificatore diminuisce, la tensione presente ai capi del condensatore non può seguirne l'andamento immediatamente, per il motivo che il rettificatore non permette il passaggio di una corrente in senso inverso. Di conseguenza, l'energia immagazzinata nella capacità, tende a scaricarsi attraverso il carico in un tempo proporzionale alla capacità di *C* ed al valore di *R*. In altre parole, la tensione ai capi del condensatore diminuisce lentamente se è impiegato un alto valore di capacità e se la corrente circolante nel carico è piccola.

La tensione presente ai capi del condensatore *C* non scende a zero in quanto esso, come abbiamo testè visto, assorbe energia dal rettificatore durante la fase attiva, e la restituisce al carico durante quella passiva. Tuttavia, se la corrente di assorbimento è notevole, vale a dire se la resistenza di carico è bassa, la tensione media diminuisce: per questo motivo il filtro a semplice capacità non viene impiegato allorchè si deve fornire una corrente elevata. La **figura 11** illustra in **A** e **C** l'andamento della tensione di picco e della tensione media disponibile all'uscita di un rettificatore, rispettivamente ad una e due semionde. La rispettiva tensione media dell'uscita filtrata con condensatore, è visibile in **B** e **D** della stessa figura.

Filtri a resistenza e capacità

Per diverse applicazioni, viene a volte usato un circuito di filtraggio composto da resistenza e capacità, come quello illustrato nella **figura 12**.

In tale circuito, C_1 ha un'impedenza bassa (circa 500 ohm) nei confronti delle ondulazioni: la resistenza offre invece una impedenza di circa 50.000 ohm. Pertanto, grazie all'azione divisoria di tensione, ai capi del condensatore è presente soltanto l'1% della componente alternata. La tensione continua, tuttavia, incontra in *C* un'impedenza infinita, ed in *R* un'impedenza di soli 50.000 ohm: ne consegue che la corrente continua crea una corrente attraverso *R*. Il valore di questa corrente non potrà essere molto alto, altrimenti sarebbe bassa la tensione d'uscita. Per questo motivo, i circuiti di filtraggio *RC* (a resistenza e capacità) vengono usati per alimentare circuiti che richiedono deboli correnti.

Filtri a induttanza

Una induttanza collegata in serie all'uscita di un rettificatore contribuisce ad evitare rapide variazioni di corrente. L'azione di livellamento che ne deriva, è dovuta all'induttore, la cui reattanza si oppone, come sappiamo, alle variazoni di intensità.

Le forme d'onda tratteggiate della **figura 13**, illustrano l'andamento della corrente nel carico, quando questo viene alimentato rispettivamente da un rettificatore ad una o a due semionde, con in serie una resistenza pura e senza filtraggio. Quando invece viene aggiunta un'induttanza in serie al carico, l'andamento della corrente è quello indicato dalle curve a tratto continuo. La variazione nella forma d'onda si verifica perchè l'induttanza si op-

Fig. 12 — Filtro a resistenza e capacità. L'ondulazione trova minore impedenza in C che non in R, per cui se ne inoltra in quest'ultima solo l'1 %. La corrente continua passa invece per R ma, per valori elevati, si verifica una forte caduta.

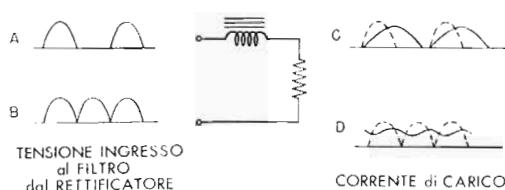
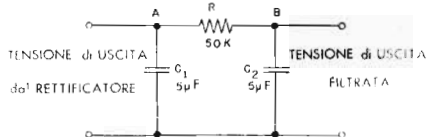
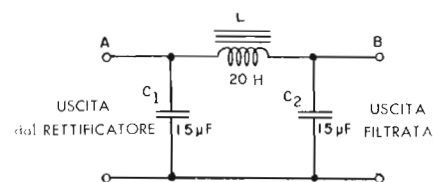



Fig. 13 — In A forma d'onda nel carico (raddrizzamento di 1 semionda) senza filtraggio; in B lo stesso per raddrizzamento di 2 semionde. C e D illustrano l'effetto dell'aggiunta di una induttanza in serie (curva a tratto intero) rispetto ai due casi contemplati (curve tratteggiate).

Fig. 14 — Riunendo il filtro capacitivo e quello induttivo si perviene al miglior risultato di filtraggio. La disposizione qui illustrata viene detta « ad ingresso capacitivo » perchè ha per primo elemento un condensatore.

pone alle rapide variazioni di corrente sia in più che in meno. Se il suo valore è sufficientemente alto, la corrente diventa pressochè costante.

L'induttanza impedisce che la corrente di carico raggiunga il valore che raggiungerebbe in sua assenza. Perciò la tensione d'uscita non può raggiungere mai il valore di picco della tensione d'entrata, ed un rettificatore munito di filtro induttivo, non può produrre una tensione alta come quella prodotta con filtro capacitivo. Ciò nonostante, il filtro induttivo permette una notevole corrente nel carico, senza considerevoli perdite nel valore della tensione d'uscita.

Filtri a induttanza e capacità

La tensione pulsante presente all'uscita di un rettificatore, non può essere livellata sufficientemente per l'alimentazione della maggior parte dei circuiti, mediante semplici filtri capacitivi o induttivi. È possibile ottenere risultati notevolmente migliori utilizzandoli entrambi, come è illustrato alla **figura 14** che riporta appunto un filtro induttanza-capacità. Questo particolare tipo di filtraggio viene denominato « ad ingresso capacitivo » in quanto la tensione di ingresso del filtro viene applicata innanzi tutto ad un condensatore.

La tensione d'uscita di un rettificatore può essere considerata come una corrente continua con una componente alternata. Il compito del filtro, è noto, consiste nell'eliminare detta componente alternata. Per comprendere il funzionamento di questo circuito in tale funzione, esaminiamo anzitutto l'impedenza dei vari componenti.

C_1 ha un'impedenza infinita per la corrente continua, mentre ha una bassa impedenza nei confronti della componente alternata; la maggior parte di quest'ultima, per questo fatto, viene deviata verso massa da C_1. L'induttanza L, offre notevole impedenza alla componente alternata residua; il piccolo ammontare di corrente alternata, ancora eventualmente presente all'uscita dell'induttanza, viene avviato a massa da C_2. Il risultato è che la tensione d'uscita è praticamente simile alla corrente continua ed ha un bassissimo tasso di ondulazione.

Il filtro ad ingresso induttivo, illustrato alla **figura 15**, differisce da quello precedente in quanto la tensione d'entrata viene applicata innanzitutto ad una induttanza. Questa impedisce a C_1 di caricarsi fino al valore di picco della tensione; l'uscita di questo circuito di filtraggio perciò è inferiore a quella del circuito a ingresso capacitivo. Ciò nonostante il potenziale d'uscita ottenuto con questo è molto meno influenzabile dalle variazioni di carico, per cui ha una maggiore stabilità.

Le dimensioni dei componenti di una cellula filtrante sono in stretta relazione con la frequenza della tensione rettificata, in quanto la reattanza capacitiva diminuisce con l'aumentare della frequenza, mentre la reattanza induttiva umenta: per questo motivo, se la tensione alternata di rete avesse una frequenza superiore a 50 Hz, sia l'induttanza che i condensatori dei circuiti di filtraggio potrebbero essere di valori inferiori.

PARTITORI di TENSIONE

Quasi sempre, ai capi dell'uscita di un alimentatore si trova una resistenza che ha il compito di scaricare i condensatori di filtro non appena l'apparecchio viene « spento ». Si tratta spesso di una misura precauzionale. Il valore di questa resistenza, generalmente, è elevato onde evitare un notevole assorbimento di corrente.

Se la resistenza in questione costituisce un carico fisso per la cellula filtrante, al fine di migliorare la stabilità, essa prende il nome di « resistenza di carico ». Per un tale compito, l'assorbimento medio di corrente deve ammontare all'incirca al 10% della corrente di pieno carico. Logicamente, la resistenza deve avere una dissipazione di potenza sufficiente a non produrre un eccessivo calore. Tanto la resistenza di chiusura del circuito, quanto la resistenza di carico possono avere prese intermedie per fornire varie tensioni, inferiori ovviamente a quella massima disponibile. Una resistenza munita di tali prese, viene detta « partitore di tensione ». Alla **figura 16**, si osservano tre resistenze del medesimo valore, collegate in serie, usate come partitore di tensione. Se da nessuna delle prese intermedie viene prelevata corrente, la tensione si distribuisce in parti eguali ed è quella indicata alla sezione **A**, nella quale ogni resistenza ha ai suoi capi una d.d.p. di 100 volt. Se si preleva corrente lungo il parti-

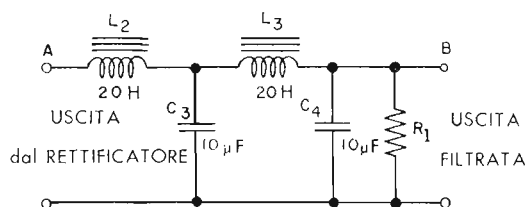



Fig. 15 — Filtro a induttanza e capacità; detto ad « ingresso induttivo ». La tensione di uscita è inferiore a quella del filtro di figura 14: per contro, le variazioni dovute al carico sono meno rilevanti.

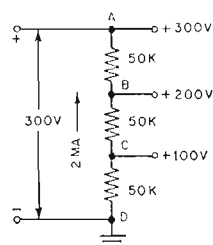



Fig. 16 A — Le resistenze in serie di un partitore — in assenza di assorbimento — se di pari valore, suddividono la tensione in parti eguali.

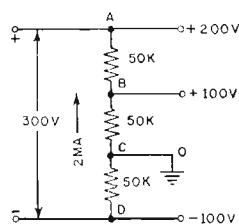



Fig. 16 B — Se viene posto a massa il punto C, il punto di D risulta negativo rispetto ad esso, ed A e B risultano positivi.

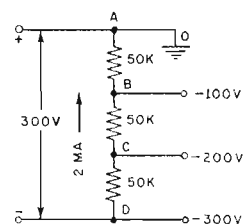



Fig. 16 C — Infine, ponendo a massa A, (polo positivo dell'uscita), tutte le tensioni del partitore risultano negative.

tore, le tensioni alle prese variano. Per avere una buona stabilità delle correnti prelevate dalle prese intermedie, esse devono essere pari ad una frazione relativamente piccola della corrente totale che percorre il partitore.

Nella maggior parte dei circuiti è consuetudine collegare a terra un lato nell'alimentazione. La terra è talmente grande che il suo potenziale può essere considerato pressochè costante: tale potenziale viene perciò usato come potenziale di riferimento per la misura delle tensioni. Se nessun punto dell'alimentatore è collegato a massa, è possibile effettuare tale collegamento in un punto qualsiasi senza che ciò alteri il funzionamento. Si noti che, nella figura 19, alla sezione A è a massa o a terra, il punto *D*: tutti i potenziali disponibili lungo il partitore sono positivi rispetto a tale punto. Nella sezione **B** invece è a massa il punto *C*, per cui le prese al di sopra di tale punto sono positive, mentre il punto *D* ha un potenziale negativo di 100 volt. Nella sezione **C**, infine è a massa il punto *A*, e, di conseguenza, tutte le prese disponibili lungo il partitore sono negative.

COSTRUZIONE di IMPEDENZE di FILTRO

Quanto sin quì esposto nei riguardi del filtraggio, ha messo in evidenza la grande utilità che in detta azione hanno le induttanze con nucleo magnetico, correntemente dette impedenze. Il loro impiego è frequente e possibile in tutta l'estensione delle frequenze basse (sino a 15.000-20.000 hertz) e oltre, adeguando il tipo di materiale costituente il nucleo. Nel testo che segue, ci occuperemo dei tipi che vengono richiesti negli alimentatori e che perciò, dal punto di vista frequenza, si basano sul valore della frequenza di rete.

La tecnica costruttiva che si riferisce alle impedenze, è praticamente la stessa che si riferisce ai trasformatori: così, anche per questo organo, abbiamo preferito suddividere — come abbiamo fatto per i trasformatori — ciò che è destinato all'alimentazione da ciò che deve essere applicato nel campo delle frequenze audio.

Le caratteristiche del circuito nel quale l'impedenza deve essere impiegata, indicano il valore che essa deve possedere, nonchè la corrente che la percorre, la resistenza ohmica massima che può esserle consentita, ecc. Noti i valori ai quali si deve pervenire, si possono così riassumere i fattori da prendere in considerazione per il progetto costruttivo:

1) Valore induttivo richiesto (in henry).

2) Intensità di corrente che attraversa l'avvolgimento.

3) Dimensioni dei lamierini.

4) Sezione del nucleo.

5) Sezione del filo di rame.

6) Numero delle spire di avvolgimento.

Un ESEMPIO di CALCOLO

Supponiamo sia necessario costruire una induttanza avente le seguenti caratteristiche:

induttanza = 35 henry;

corrente continua circolante = 0,06 ampère.

Il lettore ricorderà come siano state poste in evidenza le difficoltà per individuare a priori il tipo di lamierino più idoneo, per le sue dimensioni, alla realizzazione di un trasformatore. Tali difficoltà permangono nel campo realizzativo delle impedenze: è per questo che, per facilitare il compito, abbiamo redatto una tabella (vedi pagina 354 - Tabella 56) che può orientare convenientemente, anche se il tipo da costruire non coincide esattamente nelle caratteristiche con i prototipi elencati. Con l'aiuto di tale tabella, oltre che i dati immediati di identificazione del tipo di lamierino, si ha lo spessore del pacco lamellare. Quest'ultimo valore, che è quello effettivo di costruzione (sezione lorda), a lamierini ben pressati, tiene già conto, comunque, della differenza tra sezione netta e sezione lorda.

Si noti che i nuclei ferromagnetici per impedenze vengono **sempre** realizzati con lamierini del tipo I, ossia costituiti da una parte ad « E » e da una ad « I », per motivi che vedremo tra breve.

La lezione non sarebbe completa se non fosse detto come conoscere, in ogni caso, il valore della sezione del ferro necessario, al di fuori dell'uso della tabellina 56. Questo dato è facilmente ricavabile: basta moltiplicare il valore dell'induttanza per la corrente circolante (nel nostro caso: $35 \times 0{,}06 = 2{,}1$) ed individuare il valore del pro-

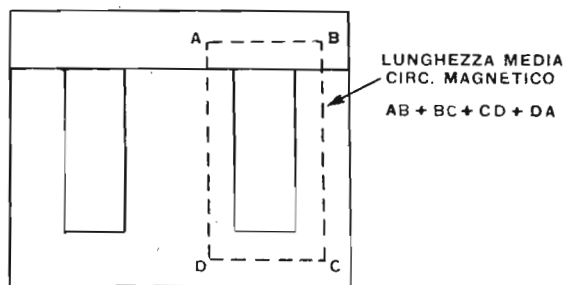



Fig. 17 — La lunghezza media del circuito magnetico è rappresentata dalla linea tratteggiata. Può essere calcolata sommando all'altezza della finestra il lato minore del pezzo ad « I » e la larghezza del gambo centrale, indi moltiplicando la somma per due.

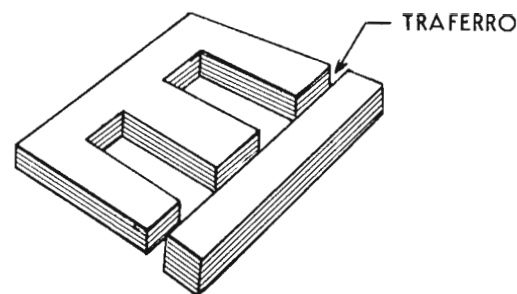



Fig. 18 — Nelle impedenze, il pacco lamellare deve essere formato, a differenza che nei trasformatori, senza alternare i lamierini ad « E » con quelli ad « I ». I due pezzi formeranno due pacchi distinti che saranno distanziati dal « traferro ».

dotto (nel nostro caso 2,1) sull'asse orizzontale del grafico della tabella 57 (pagina 355). Scorrendo la verticale coincidente col numero, sino ad incontrare la linea obliqua, osserveremo, a sinistra, orizzontalmente, l'indicazione cercata, cioè la sezione netta del nucleo in cm² (nel nostro caso = 10,4). Considerando tale valore come sezione netta, lo maggioreremo del 10% ed otterremo la sezione lorda, vale a dire quella da costituire praticamente con i lamierini. Questi ultimi dovranno essere di spessore 0,35 mm.

Sempre per il nostro esempio, risulterà: 10,4 + 1,04 = 11,44 cm², il che corrisponde al valore che anche la tabellina 56 ci indica. (Infatti, moltiplicando la larghezza del gambo centrale del lamierino suggerito (63 × 76) che è di 25 mm, per i 45 mm di spessore riportati, si ottengono 11,25 cm², con approssimazione consentita).

Per la larghezza del gambo dei lamierini indicati, è necessario consultare la tabella 53, pubblicata a pagina 308 - lezione 39ª.

Ora ci occorrono diversi altri dati. È importante stàbilire la lunghezza del circuito magnetico, che chiameremo *lcm*. La **figura 17** mostra chiaramente come si ottiene questo dato: nel nostro esempio esso risulta di 15,4 cm. Moltiplicando quest'ultimo valore per la sezione netta, otteremo il volume del ferro (15,4 × 10,4 = 160 cm³, arrotondato).

Abbiamo ora gli elementi che ci permettono di ricavare gli ampère-spire ($LI^2:V$) come segue $(35 \times 0{,}06^2):160 = 0{,}00078$. Nota questa cifra, si può impiegare il grafico della tabella 58 (pagina 356). Sulla colonna a sinistra si localizza 0,00078 e, scorrendo orizzontalmente sino ad incontrare la linea obliqua, si scorre poi verticalmente verso il basso: si leggerà, in basso, 13,5 tra i valori degli ampère-spire per centimetro.

Gli ampère-spire totali, si avranno moltiplicando il 13,5 ora ottenuto per la lunghezza del circuito magnetico (13,5 × 15,4 = 207,9).

Perverremo finalmente al numero di spire necessarie, dividendo gli ampère-spire totali per la corrente circolante (207,9 : 0,06 = 3.465 spire).

Nella realizzazione del circuito magnetico delle impedenze, circolando in esse corrente continua, onde evitare una facile saturazione, il circuito stesso deve essere brevemente interrotto. Per questo fatto, i lamierini non devono essere infilati alternativamente come abbiamo visto essere necessario per i trasformatori. Si formerà il pacco così come dalla **figura 18**, ed in tal modo si potrà interrompere il circuito del ferro distanziando leggermente l'assieme dei pezzi ad « I » da quelli ad « E ». Come è noto, questo spazio d'aria viene detto **traferro**. Occorre calcolarne lo spessore.

Ricorriamo ancora al grafico di tabella 58. Il punto di incrocio con la linea abliqua che avevamo trovato (nella ricerca degli ampère-spira) ci permette di ricavare, tra i valori indicati sulla linea stessa, il valore di 0,00175. Questo dato, moltiplicato per la lunghezza del circuito magnetico, ci indica lo spessore del traferro. Così, 0,00175 × 15,4 = 0,027 cm, arrotondato. Si potrà interporre un foglietto di carta di tale spessore.

È facile stabilire, servendosi della tabella 54 (pagina 309) quale sezione deve avere il filo di avvolgimento.

Se l'impedenza deve funzionare molte ore in continuità ci si baserà su di una intensità di 2,0 ampère per mm²; per impieghi di più breve durata si possono adottare 2,5 ampère per mm². Il criterio è eguale a quello esposto per i trasformatori. Nel primo caso, sulla colonna 2,0 A cercheremo il valore di corrente più vicino ai nostri 0,06 ampère, e troveremo 0,063 che corrispondono — sulla prima colonna, a sinistra — ad un filo di 0,20 mm. Nel secondo caso si troverà 0,066 corrispondente ad un filo di 0,18 mm.

Tutti i dati costruttivi sono oramai in nostro possesso. La nostra impedenza avrà perciò 3465 spire di filo da 0,20 (o 0,18) mm, ed un traferro di 0,027 cm.

La tabella 54 ci permette anche di eseguire un rapido controllo preventivo per accertare se l'avvolgimento sarà contenuto nella finestra del lamierino. In essa è indicato che in 1 cm² sono contenute 1400 spire di filo da 0,20 mm. Le nostre 3465 spire richiederanno perciò (3465 : 1400 = 2,4) cioè 2,4 cm². I dati del lamierino riferiscono che la finestra del tipo prescelto è di cm 3,8 × 1,3 = 4,94 cm² che risultano più che sufficienti a contenere i nostri 2,4 cm² di filo, e tutti gli spessori dell'isolamento tra gli strati, della carcassa ecc.

SIMBOLI - ABBREVIAZIONI

A/s = Ampèrspire
E_a = Tensione anodica
E_p = Tensione di placca
I_a = Corrente anodica
I_p = Corrente di placca
lcm = Lunghezza circuito magnetico
K = Catodo
P = Placca
R_a = Resistenza anodica
R_p = Resistenza di placca
S = Saturazione
V = Volume
V_p = Volt (tensione) di placca

FORMULE

$R_p = E_p : I_p$

In un'impedenza di filtro:

$A/s = LI^2 : V$

Numero spire = Fattore A/s : I

SEGNI SCHEMATICI

= Filamento di una valvola

= Catodo di una valvola

= Catodo ad accensione indiretta

= Placca di una valvola

= Diodo semplice ad accensione diretta

= Diodo semplice ad accensione indiretta

= Doppio diodo ad accensione diretta

 = Doppio diodo ad accensione indiretta

DOMANDE sulle LEZIONI 43ª e 44ª

N. 1 —
Cosa si intende per « emissione termoionica »?

N. 2 —
Quale è il fenomeno fisico che determina tale emissione?

N. 3 —
Quale è il compito del filamento in una valvola a riscaldamento diretto? Quale è invece il suo compito in una valvola a riscaldamento indiretto?

N. 4 —
Per quale motivo tra il filamento ed il catodo non è possibile applicare elevate differenze di potenziale?

N. 5 —
Cosa si intende per « carica spaziale »?

N. 6 —
Quanto tipi di « diodi » esistono tra le valvole termoioniche?

N. 7 —
Per quale motivo un diodo può essere impiegato per la rettificazione di una corrente alternata?

N. 8 —
Quale è la differenza sostanziale tra una corrente alternata rettificata in una sola semionda, ed una rettificata invece nelle due semionde?

N. 9—
Cosa succede se il filamento di una valvola viene acceso con una tensione inferiore a quella necessaria per il normale funzionamento? Cosa accade invece se la tensione è superiore?

N. 10 —
Per quale motivo, in un alimentatore con rettificazione a ponte, si preferisce usare elementi rettificatori metallici?

N. 11 —
Nel caso di rettificazione delle due semionde in opposizione di fase, quale rapporto sussiste tra la tensione alternata e quella rettificata?

N. 12 —
Per quale motivo la rettificazione delle due semionde è preferibile a quella di una sola?

N. 13 —
Come è possibile rendere « continua » una tensione o una corrente rettificata?

N. 14 —
Come si comporta un condensatore di filtro nei confronti della tensione di uscita di un alimentatore?

N. 15 —
Per quale motivo si usa spesso collegare in parallelo ai condensatori di filtro delle resistenze di valore elevato?

N. 16 —
Quale è il compito di un'impedenza di filtro?

N. 17 —
Cosa accade in un alimentatore funzionante, se manca il carico?

N. 18 —
Come è possibile ricavare da un alimentatore diversi valori di tensione continua?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 329

N. 1 — Tutte le frequenze comprese tra la minima e la massima, che possono essere ricevute con un apparecchio avente una bobina di data induttanza, ed un condensatore variabile di dato valore.

N. 2 — Che l'antenna sia — per quanto possibile — sintonizzata sulla frequenza che si desidera ricevere. In pratica però, date le notevoli difficoltà dovute alla varietà delle frequenze, si preferisce aumentare il numero degli stadi di amplificazione ad Alta Frequenza.

N. 3 — La lunghezza necessaria per ottenere la sintonia. Essa può essere effettiva (in metri), oppure « elettrica », ossia ottenuta artificialmente mediante l'aggiunta in serie di induttanze e/o di capacità, i quali hanno la medesima influenza di una variazione della lunghezza effettiva.

N. 4 — Il trasformatore di sintonia, il cui rapporto è generalmente « in salita ».

N. 5 — Quando è munito di vari circuiti oscillanti comandati da un unico variabile a diverse sezioni (una per stadio).

N. 6 — L'aumento della sensibilità, specie nei confronti di segnali deboli.

N. 7 — Un circuito sintonizzato che elimina segnali indesiderati. Consta di una induttanza e di una capacità. Può essere applicato in serie oppure in parallelo.

N. 8 — Una induttanza con spire molto larghe; essa costituisce la prima bobina di sintonia, ed ha un notevole effetto direttivo nei confronti del segnale ricevuto.

N. 9 — Completamente aperto, ossia col rotore completamente al di fuori dello statore, in modo che la capacità sia minima.

N. 10 — Tre: con variazione lineare di capacità, con variazione lineare di lunghezza d'onda, e con variazione lineare di frequenza.

N. 11 — A mettere « in passo » la variazione di capacità con la variazione di frequenza. Essi consentono infatti la messa a punto in vari punti della rotazione.

N. 12 — Il passaggio da una gamma di frequenza ad un'altra. Viene effettuata sostituendo la o le induttanze accordate, o direttamente, o mediante l'impiego di un commutatore. Può anche essere effettuata collegando in serie o in parallelo al variabile una capacità predeterminata.

N. 13 — Il complesso delle induttanze delle varie gamme, ed il relativo commutatore.

N. 14 — La presenza di una corrente di « cavità », costituita dallo spostamento dei « vuoti » lasciati dagli elettroni in movimento a causa della corrente elettrica in senso opposto.

N. 15 — Tre: l'emettitore, la base ed il collettore.

N. 16 — Quando il secondo amplifica ulteriormente i segnali già amplificati dallo stadio precedente.

N. 17 — Adattare l'impedenza dell'altoparlante a quella del transistore, onde ottenere il massimo rendimento acustico.

N. 18 — Sulla frequenza del segnale che si desidera eliminare.

La tabella 56 può dimostrare la sua utilità in occasione del calcolo di un'impedenza di filtro avente caratteristiche comuni, come quelle elencate. Esse infatti contraddistinguono le impedenze che più spesso vengono impiegate nei circuiti di alimentazione di apparecchi commerciali.

Tuttavia, qualora si debba effettuare il calcolo di una impedenza avente valori diversi, la tabella potrà del pari servire come orientamento, in quanto le portate considerate si estendono da 4,5 a 35 henry, e da 20 a 250 mA.

La tabella 57 è un grafico di facile impiego, utilissimo per calcolare la sezione netta del nucleo di un'impedenza di filtro, noti che siano i valori di induttanza e di corrente.

Il prodotto tra questi due valori viene infatti individuato sulla scala inferiore (*induttanza × corrente*), fino ad incontrare la retta obliqua. Dal punto di intersezione si traccia — nel modo consueto — una retta orizzontale verso il lato destro. In tal modo si individua sulla scala relativa il valore della sezione netta espresso in centimetri quadrati. Agli effetti della sezione lorda — come si è fatto a suo tempo con i trasformatori — detta sezione netta dovrà essere aumentata del 10% per lamierini aventi lo spessore di 0,35 mm, e del 15% per lamierini da 0,50 mm. In ogni caso però, per la costruzione di impedenze di filtro, è raccomandabile il tipo da 0,35 mm.

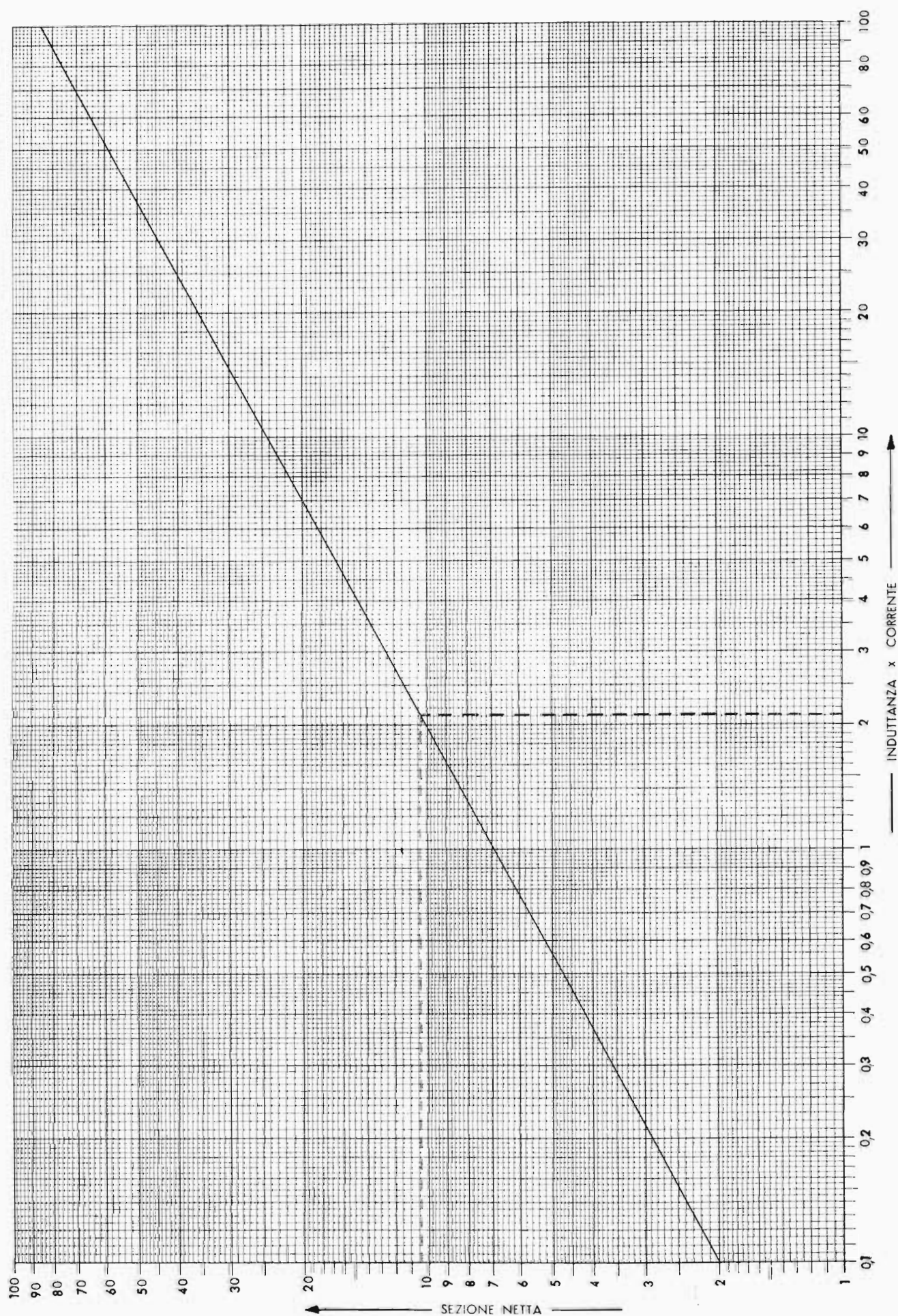
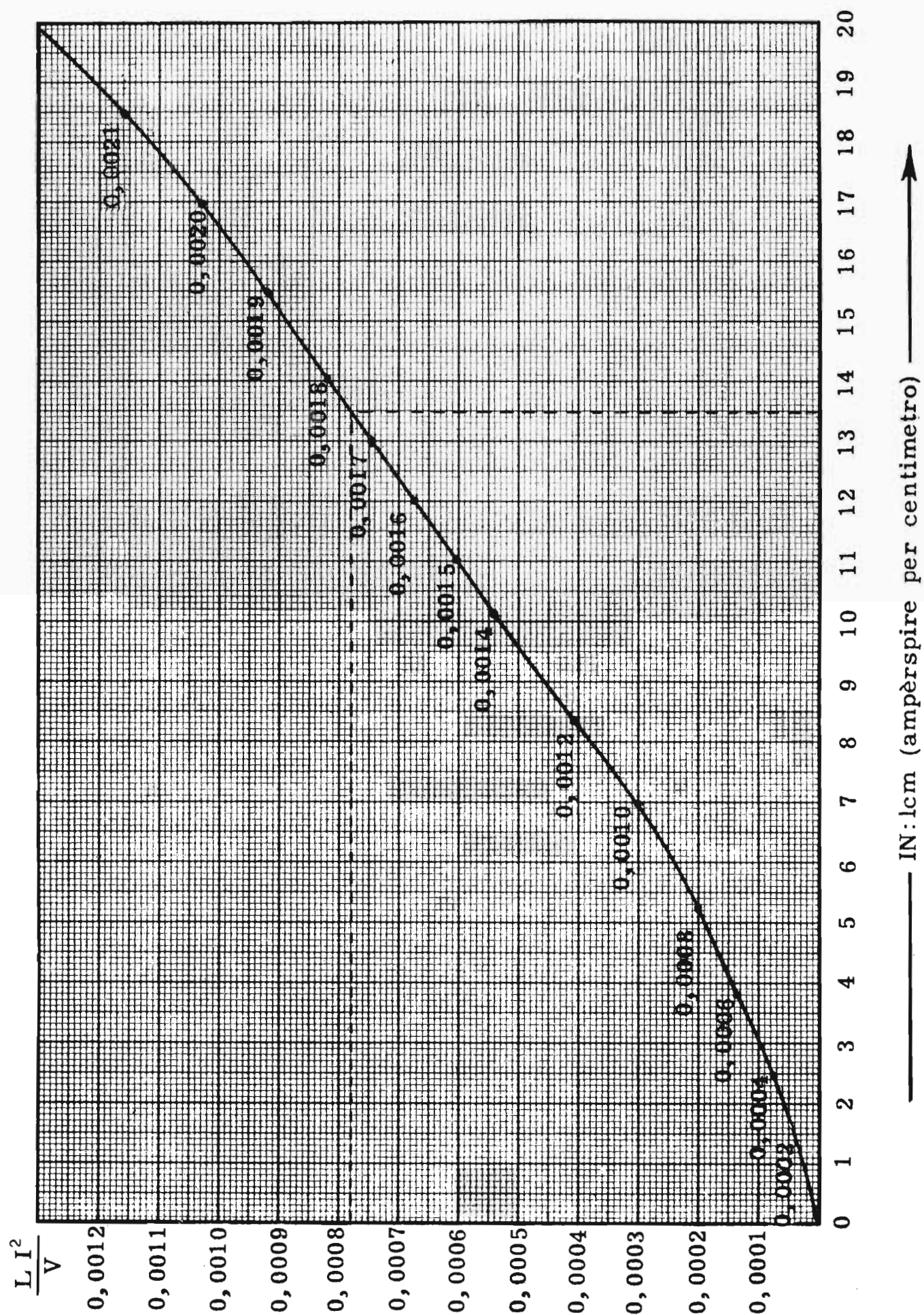
L'esempio riportato si riferisce al calcolo preso in considerazione nella lezione precedente (44ª).

La tabella 58 è anch'essa un grafico per il calcolo razionale di un'impedenza di filtro ed integra la tabella 57. Essa consente infatti, di calcolare il valore di ampèrspire conoscendo l'induttanza, la corrente ed il volume del nucleo, nonchè lo spessore del traferro che viene applicato per interrompere il circuito magnetico al fine di evitare la saturazione del nucleo stesso.

Il volume del nucleo viene ricavato moltiplicando la sezione per la lunghezza del circuito magnetico, nel modo illustrato nella figura 17 della lezione 44ª. La lunghezza del circuito magnetico rappresenta, praticamente, il perimetro di un rettangolo, i cui angoli coincidono col punto di intersezione degli assi centrali dei vari rami del lamierino. Ovviamente, occorre considerare che il gambo centrale ha una larghezza doppia degli altri, per cui l'asse centrale di riferimento viene tracciato nella metà della sua larghezza totale. Anche in questo caso l'esempio è riferito al calcolo della lezione citata. Il valore letto sulla curva riportata nel grafico (naturalmente interpolando), dà lo spessore del traferro se moltiplicato per la lunghezza media del circuito magnetico.

TABELLA 56 — DIMENSIONI del FERRO per IMPEDENZE TIPICHE

DATI CARATTERISTICI dell'IMPEDENZA	DIMENSIONI LAMIERINO in mm A × B	SPESSORE del PACCO LAMELLARE
4,5 henry — 80 mA cc	47 × 57	23 mm
5,0 henry — 110 mA cc	55 × 66	25 mm
5,0 henry — 200 mA cc	70 × 100	28 mm
7,0 henry — 250 mA cc	79 × 94	31 mm
10,0 henry — 110 mA cc	63 × 76	32 mm
18,0 henry — 100 mA cc	63 × 76	42 mm
20,0 henry — 200 mA cc	120 × 100	41 mm
30,0 henry — 20 mA cc	47 × 57	30 mm
35,0 henry — 60 mA cc	63 × 76	45 mm

TABELLA 57 — GRAFICO per il CALCOLO della SEZIONE NETTA in FUNZIONE dell'INDUTTANZA e della CORRENTE

$\frac{L I^2}{V}$
0,0012
0,0011
0,0010
0,0009
0,0008
0,0007
0,0006
0,0005
0,0004
0,0003
0,0002
0,0001
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
IN: lcm (ampèrspire per centimetro)
0,0021
0,0020
0,0019
0,0018
0,0017
0,0016
0,0015
0,0014
0,0012
0,0010
0,0008
0,0006

Nelle espressioni di calcolo matematico, si incontrano spesso dei simboli al cui impiego il lettore può non essere abituato. A tale scopo riportiamo la tabella 59, che raggruppa i principali, elencando a lato il relativo significato.

Molti dei simboli riportati sono già stati usati nelle lezioni precedenti, ed altri ne incontreremo in seguito. Questa tabella potrà dunque chiarire qualche eventuale lacuna sulle cognizioni sin quì acquisite, e facilitare la comprensione in seguito.

La tabella 60 ha uno scopo analogo. Infatti, qualora si debba risolvere un'espressione di calcolo nella quale figura una costante matematica, sia in forma isolata che sotto forma frazionaria, radicale, o di potenza, il lettore potrà — con l'aiuto di detta tabella — trovare rapidamente il valore corrispondente e sostituirlo nel calcolo. Ad esempio, in una formula in cui figurasse il fattore *log* π, esso potrà essere immediatamente sostituito col valore numerico 0,4971, senza ricorrere alle tavole logaritmiche.

La tabella 61 elenca le lettere maiuscole e minuscole dell'alfabeto greco, nonchè i significati che ad esse vengono simbolicamente attribuiti nei calcoli e nelle formule.

Molte grandezze ivi elencate sono già perfettamente note al lettore, ed altre verranno adottate in seguito. In ogni caso, la tabella potrà dimostrarsi d'aiuto per richiamare alla memoria qualche simbolo dimenticato, o per chiarire il significato di quelli eventualmente ancora sconosciuti.

La tabella 62 — infine — si unisce alla serie precedentemente pubblicata, in quanto, oltre a chiarire il valore delle varie unità di pressione, consente anche di convertirle nelle unità inglesi ed americane, e viceversa.

Sui testi che trattano delle valvole termoioniche, ad esempio, viene a volte citato il valore del « vuoto » praticato all'interno del bulbo — generalmente — 10^{-6} mm di Hg, pari a circa 10^{-9} atm. La tabella consente il passaggio da un'unità all'altra. Essa si dimostrerà utile anche allorchè, nello studio dei microfoni, ci occuperemo della sensibilità espressa in « microbar per cm² ».

TABELLA 59 — SIMBOLI MATEMATICI di USO COMUNE

Simbolo	Significato
$=$	Uguaglianza tra due o più grandezze
$\neq$	Diseguaglianza tra due o più grandezze
$>$	Diseguaglianza tra due grandezze, di cui la prima è maggiore della seconda
$<$	Diseguaglianza tra due grandezze di cui la prima è minore della seconda
$\geq$	Eguale o maggiore di...
$\leq$	Eguale o minore di...
	Approssimativamente eguale a...
$\cong$	Approssimativamente eguale a...
$\equiv$	Eguaglianza supposta tra due grandezze
$\sim$	Valore approssimativo (circa)
$\parallel$	Parallelismo
$\perp$	Perpendicolarità
$\div$	Valore compreso tra... e (da... a)
∞	Grandezza infinita
%	Per cento
‰	Per mille
Appross.	Valore approssimato
max.	Massimo
min.	Minimo
Δ	Variazione di una quantità (in più o in meno)

TABELLA 60 — COSTANTI MATEMATICHE di USO COMUNE

Simbolo matematico	Valore numerico	Simbolo matematico	Valore numerico	Simbolo matematico	Valore numerico	Simbolo matematico	Valore numerico	Simbolo matematico	Valore numerico
$\sqrt{2}$ =	1,4142	e^2 =	7,3891	$\frac{\pi}{4}$ =	0,7854	$\frac{1}{2\pi}$ =	0,1592	$\sqrt{2}\,\pi$ =	4,4427
$\frac{1}{\sqrt{2}}$ =	0,7071	$\frac{1}{e^2}$ =	0,1353	2π =	6,2832	$(\frac{1}{2\pi})^2$ =	0,0253	$\sqrt{2\pi}$ =	2,5066
$\sqrt{3}$ =	1,7321	$\log e$ =	0,4343	3π =	9,4247	$\frac{1}{\sqrt{\pi}}$ =	0,5642	$\frac{\sqrt{\pi}}{2}$ =	0,8862
$\frac{1}{\sqrt{3}}$ =	0,5773	g =	9,81	4π =	12,5664	$\frac{1}{\pi^2}$ =	0,1013	$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$ =	1,2533
$\sqrt{10}$ =	3,1623	$\frac{1}{g}$ =	0,1019	$2\pi \times 50$ =	314,16	$\frac{1}{\pi^3}$ =	0,0323	$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$ =	2,2214
$\frac{1}{\sqrt{10}}$ =	0,3162	$\sqrt{g}$ =	3,1321	π^2 =	9.8696	$\frac{2}{\pi}$ =	0,6366	$\log \pi$ =	0,4971
$\log_e 10$ =	2,3026	g^2 =	96,2361	$4\pi^2$ =	39,4784	$\sqrt{\pi}$ =	1.7725	$\log \frac{\pi}{2}$ =	0,1961
e =	2,7182	π =	3,14159	$(2\pi)^2$ =	39,4786			$\log \sqrt{\pi}$ =	0,2486
$\frac{1}{e}$ =	0,3679	$\frac{\pi}{2}$ =	1,5708	π^3 =	31.0063			$\log \pi^2$ =	0,9943
		$\frac{\pi}{3}$ =	1,0472	$\frac{\pi^3}{4}$ =	7,751				
				$\frac{1}{\pi}$ =	0,3183				

TABELLA 61 — SIGNIFICATO SIMBOLICO delle LETTERE dell'ALFABETO GRECO

NOME	MAIUSCOLA	MINUSCOLA	SIGNIFICATO
alfa	Α	α	Angoli, coefficienti, superficie, fattore di assorbimento, costante di attenuazione.
beta	Β	β	Coefficienti, costante di fase, angoli.
gamma	Γ	γ	Quantità specifiche, angoli, conduttività elettrica, costante complessa di propagazione (M), gravità.
delta	Δ	δ	Variazione di grandezza (aumento o diminuzione), densità, angoli, determinante (M), densità di corrente, permittività (M).
epsilon	Ε	ε	Base dei logaritmi naturali o neperiani (2,7182), costante dielettrica, permittività, intensità elettrica, coordinate, coefficienti.
zeta	Ζ	ζ	Coordinate, coefficienti.
eta	Η	η	Impedenza intrinseca, rendimento, densità di carica di superficie, isteresi, coordinate.
theta	Θ	ϑ	Angolo di sfasamento, costante di tempo, riluttanza, angoli, temperatura.
iota	Ι	ι	Vettori (grandezze vettoriali).
cappa	Κ	ϰ	Suscettibilità, coefficiente di accoppiamento (M), coefficienti, costanti.
lambda	Λ	λ	Lunghezza d'onda, permeanza (M), costante di attenuazione.
mu	Μ	μ	Prefisso « micro » (= 1/1.000.000), permeabilità, fattore di amplificazione.
nu	Ν	ν	Riluttanza specifica, frequenza.
xi	Ξ	ξ	Coordinate orizzontali.
omicron	Ο	ο	—
pi	Π	π	Rapporto tra circonferenza e diametro di un cerchio (3,14), angoli, costante.
ro	Ρ	ρ	Resistività, densità di carica di volume, coordinate.
sigma	Σ	σ	Densità di carica di superficie, costante di propagazione, coefficiente di dispersione della conduttività elettrica, segno di « sommatoria » (M).
tau	Τ	τ	Costante di tempo, resistività di volume, sfasamento, fattore di trasmissione, densità.
fi	Φ	φ	Flusso magnetico (intensità), angoli, potenziale scalare (M), fattore di potenza.
chi	Χ	χ	Suscettibilità elettrica, angoli.
psi		ψ	Flusso dielettrico, differenza di fase, coordinate, angoli.
omega	Ω	ω	Velocità angolare, resistènza impedenza e reattanza in ohm (M), angoli solidi (M).
ipsilon	Υ	υ	—
			La lettera (M) indica che in quel caso particolare la lettera è maiuscola.

TABELLA 62 — VALORE delle UNITA' di PRESSIONE e CORRISPONDENZA con le UNITA' INGLESI

UNITA'	atm	kg/cm²	mm di Acqua	mm di Hg a 0°	bar	millibar	microbar	lb/poll²	lb/piede²
Atmosfera	1	1,033	10.332	760	1,013	1.013	$1{,}013\times10^{6}$	14,7	2.116
mm di Hg a 0° .	$1{,}3\times10^{-3}$	$1{,}36\times10^{-3}$	13,6	1	$1{,}33\times10^{3}$	1.333	1.333	$1{,}93\times10^{-2}$	2,735
bar	0,987	1,02	10.197	750,1	1	10^{3}	10^{6}	14,5	2.088
millibar	$9{,}87\times10^{-4}$	$1{,}02\times10^{-3}$	10,2	0,75	10^{-3}	1	10^{3}	$1{,}45\times10^{-2}$	2,089
microbar	$9{,}87\times10^{-7}$	$1{,}02\times10^{-6}$	$1{,}1\times10^{-2}$	$7{,}54\times10^{-4}$	10^{-6}	10^{-3}	1	$1{,}45\times10^{-5}$	$2{,}1\times10^{-3}$
libbre/pollice² . .	$6{,}8\times10^{-2}$	$7{,}03\times10^{-2}$	713,3	51,7	6.9×10^{-2}	68,94	68.940	1	144
libbre/piede² . . .	$4{,}73\times10^{-4}$	$4{,}8\times10^{-4}$	4,883	0,336	4.8×10^{-4}	0,48	478,8	7×10^{-3}	1

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

CARATTERISTICHE

MODELLO

Strumento	200 microampere, 112 m/m di scala
Resistenze	Custodia in polystyrene di precisione tarate all'1%

VOLTMETRO ELETTRONICO IN C.C.	
7 scale	1,5, 5, 15, 50, 150, 500 e 1500 V di fondo scala con puntale aggiuntivo si può ottenere un fondo scala di 30.000 Volt
Resistenza d'ingresso	11 megaohm (1 MΩ nel puntale) per tutte le scale Con il puntale aggiuntivo 1.100 MΩ
Sensibilità	7.333.333 ohm per Volt sulla scala 1,5 V
Circuito	Ponte bilanciato (push-pull) facente uso di un doppio triodo
Precisione	± 3% fondo scala
VOLTMETRO ELETTRONICO IN C.A.	
7 scale a valore efficace	1,5, 5, 15, 50, 150, 500, 1500 Volt fondo scala, valore efficace (ossia 0,707 del picco positivo)
Precisione	± 5% fondo scala
7 scale a valore picco-picco	4, 14, 40, 140, 400, 1400 4000 Volt
OHMMETRO ELETTRONICO	
7 scale	Scala con 10 ohm al centro x 1, x 10, x 100, x 1000, x 10 K, x 100 K, x 1 Meg - Misura da 0,1 ohm a 1000 MΩ con batterie interne.
Piastre di montaggio	Circuiti stampati, incisione metallica con piattina di rame da 0,35 m/m su piastra di materiale fenolico da 2,5 m/m
Tubi elettronici	1-12AU7; doppio triodo del ponte di misura - 1-6AL5; doppio diodo rettificatore doppia onda
Batteria	1,5 Volt
Dimensioni	Altezza 18 cm; larghezza 12 cm; profondità 10,3 cm
Peso (imballo compreso)	ca 3,15 Kg
Alimentazione	105 - 125 Volt - 50÷60 Hz - 10 Watt

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

soc. r. l. MILANO P.zza 5 GIORNATE 1
Telefoni: 795.762 - 795.763

AGENTI ESCLUSIVI DI VENDITA PER: LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI

Soc. FILC RADIO - ROMA

Piazza Dante, 10 - Telefono 736.771

EMILIA - MARCHE

Ditta A. ZANIBONI - BOLOGNA

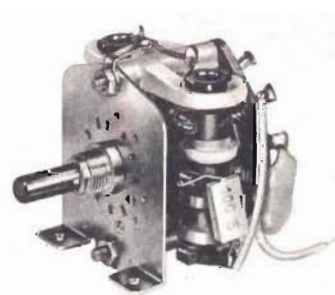
Via Azzogardino, 2 - Telefono 263.359

Dal 1931 su tutti i mercati del mondo

PARTI STACCATE PER RADIO - TELEVISIONE - AMPLIFICAZIONE - APPARECCHI ELETTRONICI

GRUPPI PER RICEVITORI A MODULAZIONE DI AMPIEZZA

GRUPPI PER RICEVITORI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

GRUPPI PER TRASMETTITORI AD ONDE CORTE

CHIEDETE IL LISTINO DELLE PARTI STACCATE ED IL "BOLLETTINO TECNICO GELOSO„

Direzione Centrale: **GELOSO** S.p.A. Viale Brenta 29 - MILANO 808